HOCHSCHULE MITTWEIDA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Joachim Weinberger

Betrachtung von Splitkälteanlagen in Serverräumen im Chiemseehof- Amortisationsrechnung eines alternativen Systems

Mittweida, 2014

Fakultät Maschinenbau

DIPLOMARBEIT

Betrachtung von Splitkälteanlagen in Serverräumen im Chiemseehof - Amortisationsrechnung eines alternativen Systems

Autor:
Herr Ing. Joachim Weinberger

Studiengang:
Maschinenbau - Gebäudetechnik

Seminargruppe:
KM08w2GVA

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Ralf Hartig

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Maria Flieher

Einreichung:
Mittweida, 05.06.2014

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2014

Inhalt

0 Übersicht und Zusammenfassung

0.1 Zielsetzung

ZIELE:

Ziel dieser Arbeit ist die Erarbeitung eines Projektes inkl. Amortisationsrechnung um herauszufinden ob ein alternatives Kältesystem Teile der Serverraumkühlung im Objekt Chiemseehof des Landes Salzburg ersetzten kann und auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Es wurden nur bestimmte Bereiche untersucht, welche sich bei Überlegungen im Vorfeld als sinnvoll dargestellt haben.

NICHT ZIELE:

Überlegungen über eine Ausweitung des Kältesystems auf andere Gebäudeteile um eventuell die Behaglichkeit in Büro- und Besprechungsräumen zu erhöhen.

Überlegungen über den Austausch der EDV-Komponenten hin zu effizienteren und somit weniger Wärme abgebenden Einbauteilen.

Versorgung des Heizungssystems mit Energie über das alternative System abseits von der Abwärme Nutzung.

0.2 Kapitelübersicht

Die Arbeit besteht aus 13 Kapiteln.

Im **Kapitel 1** wird die planliche und schematische Darstellung der betrachteten Räumlichkeiten und Aufstellungssituationen in den Vordergrund gestellt, um für die folgenden Kapitel eine Grundlage zu schaffen.

Anschließend werden in **Kapitel 2** die Temperaturmessungen beschrieben. Hier wird auf die Messungen und die anderen Quellen eingegangen und entsprechend ausgewertet.

Kapitel 3 ist den technischen Daten der bestehenden Kältesplit-Geräte gewidmet

In **Kapitel 4** werden die elektrotechnischen Messungen beschrieben. Hier wird der elektrische Energiebedarf für die Abfuhr der Wärmemenge aus den Serverräumen mittels der Kältesplit-Geräte ermittelt.

In **Kapitel 5** wird die Berechnung der abgeführten Wärmemengen durchgeführt. Hier wird der Zusammenhang zwischen Temperatur und Leistungszahl erörtert und die Wärmemengen die von den Kältesplit-Geräten abgeführt werden ermittelt.

In **Kapitel 6** wird die maximale Kühllast ermittelt um die Leistung die ein alternative Kältesystem erbringen muss zu bestimmen.

In **Kapitel 7** werden die Möglichkeiten der Wärmeabfuhr in Bezug auf Wärmetauscher und Rückkühlmedium erläutert.

In **Kapitel 8** wird ein alternatives Kältesystem gewählt. Dazu werden 2 verschiedene Systeme kurz vorgestellt und die Auswahl entsprechend begründet.

In **Kapitel 9** werden die Komponenten für das alternative Kältesystem ausgewählt und die neue Anlage in Schemata und Grundrissplänen skizziert.

In **Kapitel 10** werden die Kosten für die neue Anlage geschätzt.

In **Kapitel 11** wird die Amortisationsrechnung durchgeführt. Hier wird die Entscheidungsgrundlage für oder gegen ein alternatives Kältesystem gegeben.

In **Kapitel 12** werden noch persönliche Rückschlüsse aus der Arbeit gezogen. Hier wird teilweise in eine Richtung argumentiert, die auch die Nichtziele aufgreift. Diese sollten für weitere Entscheidung doch nicht unbeachtet bleiben.

In **Kapitel 13** werden das Abbildungsverzeichnis und das Quellenverzeichnis dargestellt.

1 Beschreibung der betrachteten Problemstellung, Planliche und schematische Darstellung

Im Chiemseehof befinden insgesamt 6 Serverräume, davon werden 5 aktiv gekühlt. Es wird also die Wärmeenergie der aktiven EDV-Komponenten und der äußeren Einträge durch Kältesplit-Anlagen abgeführt. In dieser Arbeit werden 3 dieser Geräte genauer betrachtet. Diese 3 Geräte wurden ausgewählt, da sie die meisten Aktivkomponenten beinhalten, die größeren Wärmeeinträge von außen haben und weil sie ohne extremen Aufwand über ein alternatives Kältesystem versorgt werden könnten. Die Außenteile der betrachteten Geräte befinden sich alle im Dachraum in brandschutztechnisch abgeschotteten Räumen die eigens für die Außeneinheiten geschaffen wurden. Die Aufstellung im Dachraum ist leider alles andere als optimal, da in der Hauptkühlzeit sehr hohe Temperaturen auftreten und somit der Wirkungsgrad der Anlagen sinkt.

Zwei der drei Serverräume befinden sich ebenfalls im Dachgeschoss. Für diese 2 Serverräume ergibt sich im Sommer also nicht nur die Abwärme der EDV-Komponenten sondern auch der Eintrag der Außentemperatur. Im Dachraum sind Temperaturen jenseits der 40℃ keine Seltenheit.

Der dritte Serverraum (20E) befindet sich im Erdgeschoss und ist von der Lage her in Bezug auf Wärmeeintrag von außen wesentlich besser situiert.

1.1 Übersichtsplan der betrachteten Gebäudeteile

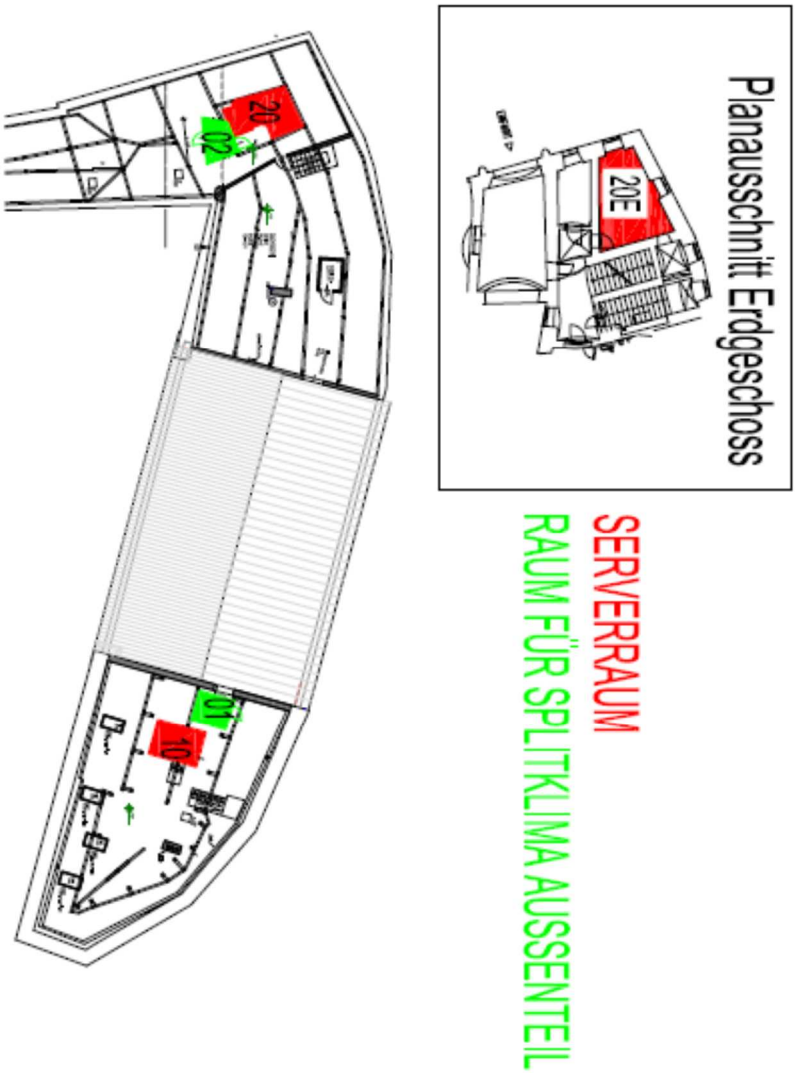


Abbildung 1-11 Übersicht Dachraum und Planausschnitt Erdgeschoss

1.2 Aufstellungsräume

Außengeräte 02

Die Außengeräte im Raum 02 befinden sich im Dachraum über dem Stiegenaufgang Nummer 2 (Stiege 2). Es wird Luft über einen externen Ventilator über das Dach in den Aufstellungsraum eingeblasen. Der Ventilator ist in einem Brandschutzverkleidetem Gehäuse über dem Aufstellungsraum angebracht. Die Ansteuerung des Ventilators ist thermostatgesteuert und wird bei über 25℃ aktiviert. Die von den Außen geräten erwärmte Luft wird über Brandschutz-Lamellenklappen in den Dachraum geblasen. Dies ist mit Sicherheit die beste Lösung, da zumindest nicht die erhitzte Luft aus dem Dachraum am Verdichter anliegt sondern Luft im Außentemperaturbereich.

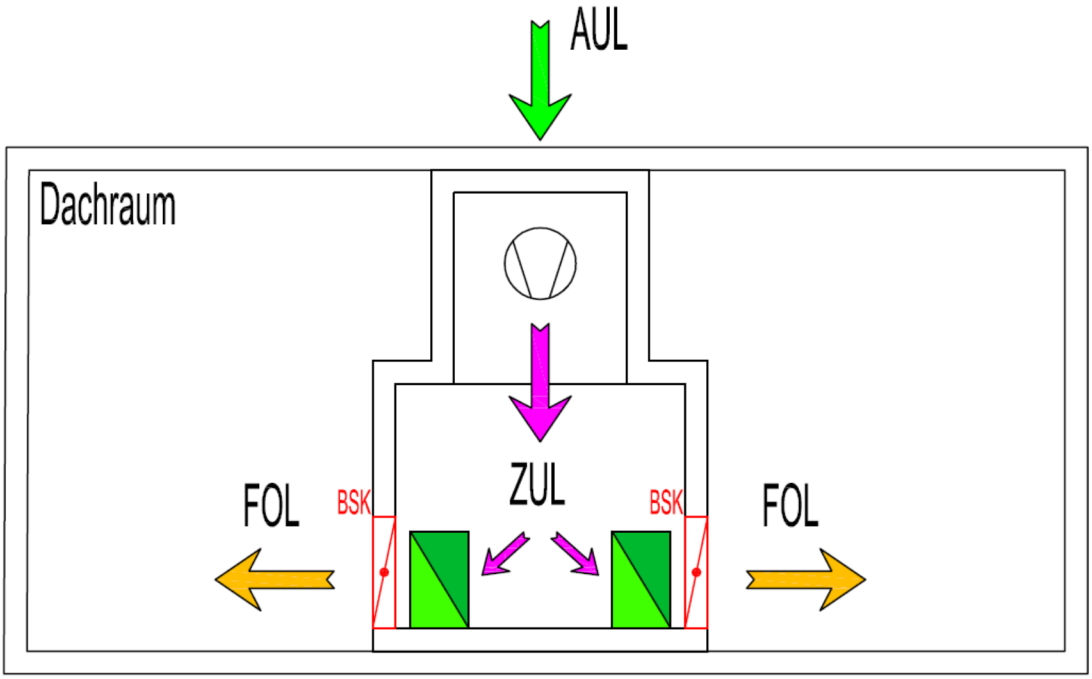


Abbildung 1-21 – schematischer Schnitt durch Aufstellungsraum 02

Außengerät 01

Das Außengerät im Raum 03 befindet sich im Dachraum über dem Stiegenaufgang Nummer 3 (Stiege 3). Es wird Luft über eine Brandschutz-Lamellenklappe vom Gerät selbst aus dem Dachraum gesaugt und die erwärmte Luft wieder über den Ventilator in den Dachraum ebenfalls über eine Brandschutz-Lamellenklappe geblasen. Da der Raum sehr nahe an einem Fenster situiert wurde, ist die vom Gerät angesaugte Luft als Mischluft mit einem sehr hohen Anteil von Außenluft anzusehen. Diese Situation ist ähnlich jener von Stiege 2 zu bewerten. Der Raum wir zwar nicht von einem externen Ventilator versorgt, jedoch ist die Temperatur am Fenster tiefer als jene direkt am Dach. Genaue Daten werden aber erst die Messungen liefern.

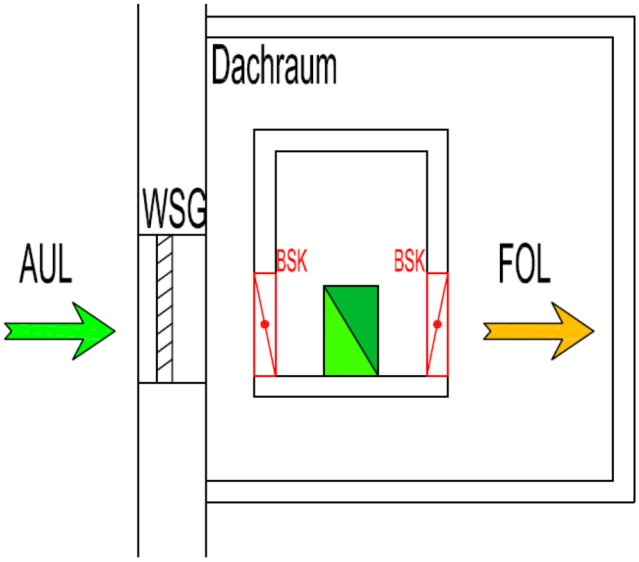


Abbildung 1-31 – schematischer Schnitt durch Aufstellungsraum 03

2 Temperaturmessungen

2.1 Temperaturmessgeräte und Einstellungen

Messgeräte für die Temperatur an den Außenteilen:

Für die Bestimmung der Temperaturen werden Temperatur- und Feuchtelogger der Firma AMPROBE Type TR 200 A verwendet. Diese haben einen internen Speicher für 16000 Messpunkte. Die Auswertung erfolgt über einen USB Anschluss am Messgerät. Das Messintervall wurde mit 15 Minuten gewählt, da dieses Intervall auch für die Strommessungen gewählt wurde und somit die Eintragung in eine Tabelle in derselben Zeile die Auswertung erleichtert. Bei einem 15 Minutenintervall und 16000 Messpunkten ergibt sich eine maximale Aufzeichnungsdauer von 166 Tagen. Fall das Gerät später ausgelesen wird, werden die ersten Messpunkte von neueren überschrieben. Die Auswertung der Messpunkte erfolge über ein Programm welches bei der Lieferung der Messgeräte im Lieferumfang enthalten war. Die Übernahme ins Excel-Format ist ohne Probleme möglich.

Bild 2-11 – Temperatur und Feuchtelogger Amprobe TR200-A

Messgeräte für die Temperatur in den Serverräumen

Die Temperatur in den Serverräumen wird über die unabhängigen Spannungsversorgungsanlagen der Serverräume gemessen und auf einem Server der Landesinformatik über Jahre gespeichert. Da in den USV-Anlagen ein Umluftventilator eingebaut ist, ist die gemessene Temperatur mit der tatsächlichen Raumtemperatur gleich zu setzten. Durch Zugriffsrechte auf die Daten der Landesinformatik ist es jederzeit vom Arbeitsplatz aus möglich die Daten auszuwerten und in Exceltabellen einzufügen. Das Messintervall ist mit 1 Stunde festgelegt. Die Messung der Temperatur in den Serverräumen ist für die Berechnungen nicht unbedingt erforderlich, da die erforderliche Temperatur an den Splitklima-Innengeräten selbst einge-

stellt wird. Es dient also lediglich zum Vergleich ob die Temperatur die eingestellt wurde auch tatsächlich erreicht wird.

2.2 Temperaturmesspunkte in den Räumen

Temperaturmessungen an den Außengeräten in Raum 02

Im Raum ist das Messgerät so angebracht, dass die Messung direkt im Volumenstrom des externen Ventilators stattfindet. Es ist somit sichergestellt, dass tatsächlich die Temperatur gemessen wird mit der der Raum "aufgeblasen" wird. Da der externe Ventilator thermostatgesteuert wird und es keine Verriegelung mit den Klimageräten gibt, läuft der Ventilator bei entsprechenden Außentemperaturen also durch. Eine Verriegelung würde nur hilfreich sein wenn beide Serverräume wenig Wärmeeintrag von außen hätten, da dies aber nur bei einem der Geräte der Fall ist und so eine elektrotechnische Installation auch kostenintensiv ist, wurde darauf verzichtet. Das Messgerät wurde direkt am Schutzgitter unterhalb des Ventilators angebracht. Das Schutzgitter verhindert die Möglichkeit des direkten Kontaktes mit dem Ventilatorrad.

Temperaturmessungen am Außengerät im Raum 01

Im Raum ist das Messgerät so angebracht, dass es so gut wie möglich im Luftvolumenstrom des Splitklima Außengerätes sitzt.

2.3 Lufttemperaturmessungen im Stadtgebiet

Von den Kollegen aus der Abteilung 5 Umweltschutz des Amtes der Salzburger Landesregierung, die im gesamten Landesgebiet Messstationen betreiben, unter anderem in direkter Nähe zum Chiemseehof 2 Stationen, wurde für diese Arbeit Temperaturmessungen über das gesamte betrachtete Jahr 2012 zur Verfügung gestellt. Die Daten enthalten Temperaturwerte im Halbstundentakt, zusätzlich wurden auch Tagesmittelwerte mitgeliefert.

2.4 Auswertung der Temperaturmessungen

Die Temperaturmessungen in den Räumen wurden am 9.5.2012 gestartet. Es wurde mitten im Jahr begonnen, da nach ursprünglichen Überlegungen nur die heiße Jahreszeit erfasst werden sollte, da genau in dieser die meiste Wärme aus den Serverräumen abgeführt werden muss. Die Messungen enden leider mit 4.7.2012 da diese nicht regelmäßig kontrolliert wurde und somit nicht bemerkt wurde, dass die Messung somit nicht die erwarteten 166 Tage aufnimmt. Tatsächlich wurden also nur knapp 2 Monate statt über 5 Monate gemessen.

Für die Berechnung der abgeführten Wärmemengen werden nur die Tagesmittelwerte verwendet, da die Berechnung über die genauen Temperaturverläufe eine sehr viel größerer Aufwand wäre und angenommen werden kann, dass das Ergebnis dadurch nicht wesentlich

verfälscht wird. Dazu kommt, dass wie oben beschrieben keine durchgängigen Daten für eine Berechnung im 15 Minutentakt vorhanden sind. Wie später folgen wird sind auch bei den Strommessungen keine durchgängigen Lastdaten vorhanden.

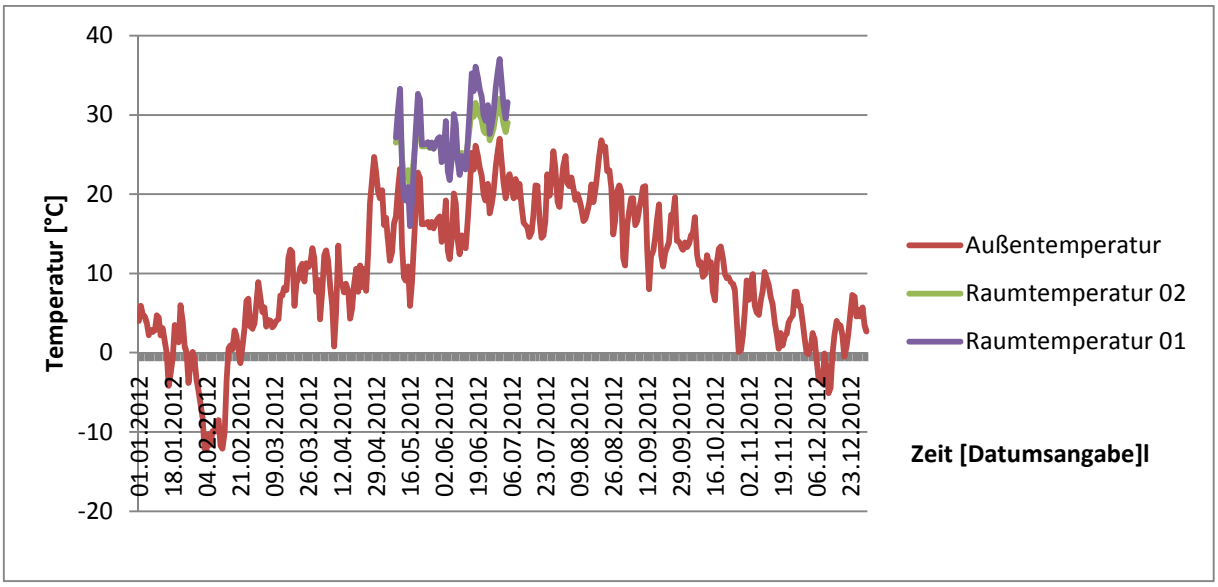


Diagramm 2-41 Mittelwerte der aufgenommenen Temperaturen

In Diagramm 2-1 ist der Mittelwert der Temperaturverläufe der Außentemperatur, der Raumtemperatur in Raum 02 und der Raumtemperatur 01 über das gesamte Jahr 2012 dargestellt. Leider ist wie oben beschrieben von den Räumen nur ein kleiner Zeitraum vorhanden.

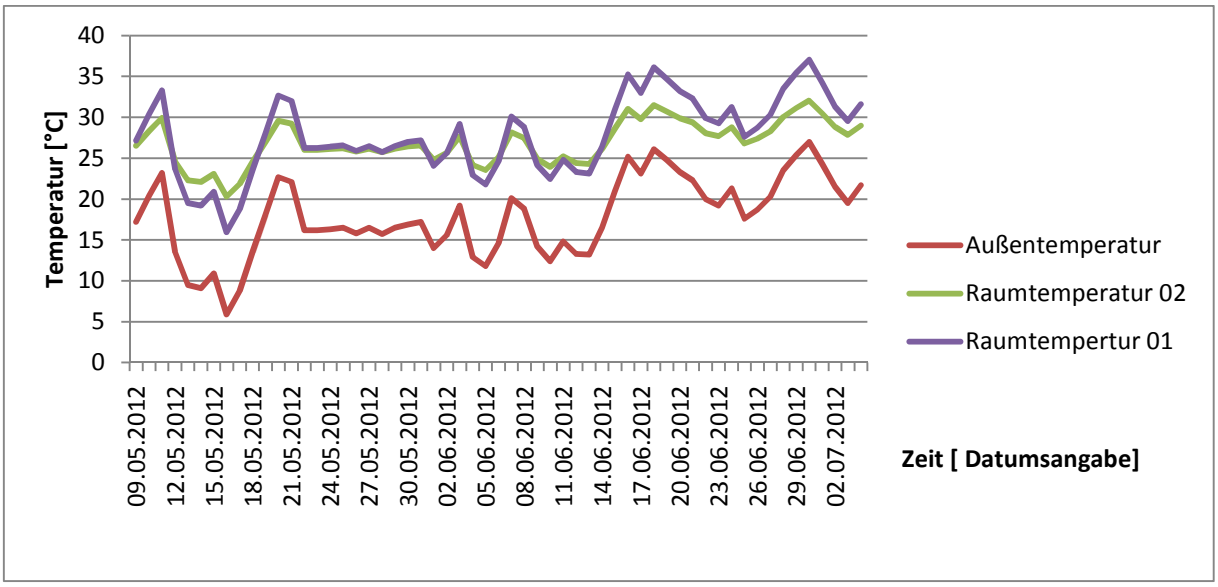


Diagramm 2-42 Mittelwerte der Temperaturen (Ausschnitt vorhandene Raumtemperaturen)

In Diagramm 2-42 sind wie im Diagramm 2-41 die Mittelwerte der verschiedenen Temperaturen dargestellt, jedoch nur der Zeitraum in dem auch die Raumtemperaturen vorhanden sind (9.5.12 bis 4.7.12)

Man kann deutlich erkennen, dass die Raumtemperaturen deutlich über der Außentemperatur liegen. Auch ersichtlich ist, das die Temperatur in Raum 01 stärker von der Außentemperatur abhängig ist als die Temperatur in Raum 02.

Welche Temperaturen wie in die Berechnung einfließen folgt später im Kapitel 5 Berechnungsmodell.

3 Technische Daten und Aufstellung der betrachteten Kältegeräte

Nachfolgend werden diverse Daten der Kälteeinheiten aufgelistet.

3.1 Technische Beschreibung der Kälteaggregate

Die installierten Splitklima-Anlagen sind allesamt Geräte mit Direktverdampfer.

Folgende Gerätetypen sind installiert:

Gerät Nr.1: Fujitsu Splitklima Invertergerät:

Außenteil Type AOYR12LGC / Innenteil ASYA-12LGC

Kühlleistung: min-nenn-max 0,9-3,4-3,9kW

Anschlussspannung 230V

Kältemittel R410A

Gerät Nr. 2: Mitsubishi Splitklimagerät:

Außenteil Type DAIYA Packaged Air Contidioner Model TDC 503ES / Innenteil

Kompressorleistung 3,75kW

Anschlussspannung 400V

Kältemittel R22

Dieses Gerät ist wird als einziges noch mit dem Kältemitte R22 betrieben. Die Anlage ist somit sehr alt und hat für die Anforderungen eine viel zu große Kälteleistung. Wie sie zu ihrer jetzigen Verwendung kam ist leider nicht mehr nachvollziehbar. Leider sind für dieses Gerät keine genauen Daten bekannt und konnten auch nicht aufgetrieben werden. Der größte Nachteil dieses Gerätes ist zweifelsohne, dass es kein In-

vertergerät ist, somit die Leistung nicht modulierbar ist und das Gerät dadurch nicht sehr effizient betrieben wird. Da wie beschrieben für dieses Gerät keine weiteren Informationen vorliegen, müssen zur späteren Verwendung Leistungszahlen angenommen werden, dies wird in Kapitel 5 Berechnungsmodell gemacht.

Die Geräte sind wie folgt installiert.

In Raum 02 befindet sich ein Gerät Nr. 1, dieses kühlt Raum 20 und ein Gerät Nr.2 dieses kühlt den Serverraum der sich nicht im DG sondern im EG befindet. Raum 02 wurde so errichtet, dass ein Axialventilator der Thermostatgesteuert ist den Raum mit Außenluft versorgt um die Lufttemperatur an den Splitklima Außengeräten so gering wie möglich zu halten.

In Raum 01 befindet sich ein Gerät Nr. 1, dieses kühlt Raum 10. In Raum 01 wurde das Splitklima Außengerät so situiert, das es so gut wie möglich Außenluft durch ein Gitter in der Außenwand ansaugt, somit wird auch bei diesem Gerät die Temperatur am Verflüssiger niedriger gehalten als diese im Dachraum wäre.

3.2 Herstellerangaben für den Zusammenhang: abgeführte Wärmemenge, Stromaufnahme und Temperatur an Verdampfer und Kondensator

Technische Daten

Inneneinheit		**ASYA 12 LGC**
Außeneinheit		**AOYR 12 LGC**
Nennkälteleistung	kW	3,4
Leistungsbereich Kühlen	kW	0,9 - 3,9
Nennheizleistung	kW	4,0
Leistungsbereich Heizen	kW	0,9 - 5,6
Spannung Frequenz	V Hz	240 50
Stromaufnahme Kühlen Heizen Anlaufstrom	 A A A	 4,3 4,3 4,6
Absicherung	A	10
Leistungsaufnahme Kühlen Heizen	 kW kW	 0,895 0,97
Energieverbrauch 2	kWh	448
Energieeffizienzgrösse Kühlen Heizen	 kW/kW kW/kW	 3,8 4,12
Energieeffizienzklasse 3 Kühlen Heizen		 A A
Entfeuchtungsleistung	l/h	1,8
Kondensatanschluss (Durchmesser)	mm	16
Luftumwälzung Inneneinheit (n/m/h) Außeneinheit	 m3/h m3/h	 440/610/750 1720
Schalldruckpegel 1		

Inneneinheit (n/m/h) Außeneinheit	dB(A) dB(A)	21/33/38/43 45
Kältemittelmenge R410A vorgefüllt bis zusätzliche Kältemittelmenge pro Meter	g m g/m	800 15 20
Verdichterbauart		Inverter-Rollkolben
Fernbedienung		Infrarot
Autom. Wiedereinschaltung		ja
zul. Umgebungstemperatur Kühlen Heizen	 ℃ ℃	 -10 bis 43 -15 bis 24

Leistungsangaben bei Kühlen: I.E. 27℃ TK / 50% r. F.
Heizen: I.E. 20℃ TK

1 gemessen im Freifeld in 1m abstand
2 bei ca. 500 Betriebsstunden im Jahr
3 Energie-Effizienzklasse: A = niedriger verbrauch G = hoher verbrauch

Tabelle 3-21 Technische Daten Fujitsu

Aus den in der oben gezeigten Tabelle blau markierten Feldern kann man die Leistungszahl in Abhängigkeit der Außentemperatur darstellen. Es wird nur der Bereich Raumtemperatur 25℃ dargestellt, da sie die einzige betrachtete is t

■ MODEL : AS * A12LG

	Indoor temperature																							
	℃DB	18			21			23			25			27			29			32		
	℃WB	12			15			16			18			19			21			23		
Outdoor temperature ℃DB		TC	SHC	PI	TC	SHC	PI	TC	SHC	PI	TC	SHC	PI	TC	SHC	PI	TC	SHC	PI	TC	SHC	PI
20		3.18	2.20	0.61	3.55	2.21	0.62	3.67	2.41	0.63	3.91	2.41	0.63	4.03	2.61	0.64	4.27	2.60	0.64	4.51	2.77	0.65
25		3.03	2.09	0.70	3.37	2.11	0.71	3.49	2.29	0.71	3.72	2.30	0.72	3.83	2.48	0.72	4.06	2.47	0.73	4.29	2.63	0.74
30		2.86	1.98	0.78	3.19	1.99	0.79	3.30	2.17	0.79	3.52	2.17	0.80	3.63	2.35	0.81	3.84	2.34	0.81	4.06	2.49	0.82
35		2.69	1.86	0.86	2.99	1.87	0.88	3.09	2.03	0.88	3.30	2.04	0.89	3.40	2.20	0.895	3.60	2.19	0.90	3.81	2.33	0.91
40		2.27	1.57	0.80	2.53	1.58	0.82	2.62	1.72	0.82	2.79	1.72	0.83	2.87	1.86	0.83	3.05	1.85	0.84	3.22	1.97	0.85
43		2.09	1.45	0.80	2.33	1.45	0.82	2.41	1.58	0.82	2.57	1.59	0.83	2.65	1.71	0.83	2.81	1.71	0.84	2.96	1.82	0.85

AFR : Air Flow Rate (m3/min)

TC : Total Capacity (kW)

SHC : Sensible Heat Capacity (kW)

PI : Power Input (kW)

Tabelle 3-22 Außentemperatur, Raumtemperatur und Leistung

.

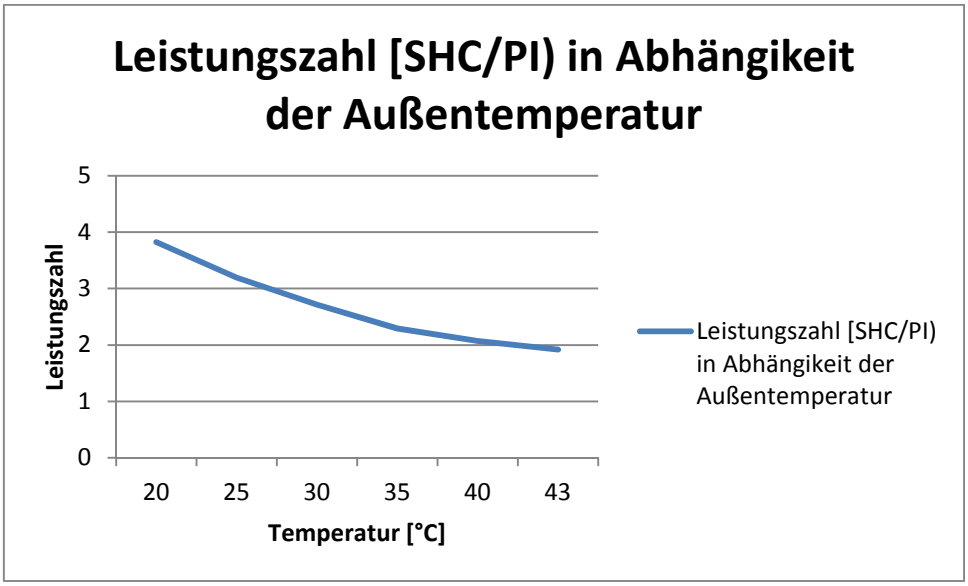


Diagramm 3-23 Leistungszahl über Außentemperatur

Aus den in der oben gezeigten Tabelle blau markierten Feldern kann man die Leistungszahl in Abhängigkeit der Außentemperatur darstellen.

4 Strommessungen

Die Schaltschränke von denen die Splitklimageräte versorgt werden befinden sich mit Ausnahme des Gerätes für den Serverraum im Erdgeschoss alle in den Serverräumen selbst. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- Die Einbindungen der Messgeräte in den Stromkreis konnte ohne viel Aufwand realisiert werden
- Die erforderlichen Kabel konnten recht kurz gehalten werden
- Die Serverräume sind verschlossen, somit sind auch die Messgeräte die sich ja direkt im Raum befinden nur autorisiertem Personal zugänglich und ein hantieren durch Fremde kann annähernd ausgeschlossen werden.

Für das Messgerät für den Serverraum im Erdgeschoss musste eine eigen Umgehungsleitung für den Strom- und Spannungsabgriff vom Verteilerschrank unter der Stiege (in Abbildung 1-11 ersichtlich) in den Serverraum gelegt werden. Dies wurde hauptsächlich realisiert, da der Raum unter der Stiege als Lagerraum genutzt wird und von einem relativ großen Personenkreis genutzt wird und so ein Messgerät bekanntlich eine magische Anziehungskraft aus Laien ausübt.

- Das Messintervall für alle Messungen in elektrotechnischer Hinsicht wurde so gewählt, dass die gemessene Arbeit in 15 Minutenintervalle gemittelt festgehalten wird, da dies auch das Intervall ist, dass gemittelt verwendet wird um die elektrische Arbeit zu verrechnen.

4.1 Messgeräte und Einstellungen

- Messgeräte in den Räumen 20, 10 und 20E

  In diesen Räumen wird ein Multifunktionsmessgerät der Firma Siemens Type Sentron PAC 4200 eingesetzt. Diese Geräte sind dafür entwickelt in Schaltschränken von Gebäuden oder komplexen Maschinen eingesetzt zu werden. Die Anzahl der Messgrößen die dieses Gerät erfassen kann liegt bei über 200. Da es eigentlich nicht für den mobilen Einsatz konzipiert ist wurde es für unsere Zwecke in einen kleinen mobilen Schaltschrank in Koffergröße eingebaut. Das beauftragte Unternehmen hat eine sehr gute Lösung dafür gefunden, sodass die Spannungsversorgung und der Spannungsabgriff über eine 16 Ampere CE-Steckdose ermöglicht wird. Der Stromabgriff erfolgt

über steckbare Stromzangen die ebenfalls am Gehäuse angesteckt werden können. Die Auswertung kann ganz bequem über die Netzwerkschnittstelle erfolgen, die ebenfalls am Gehäuse integriert ist. Im Idealfall wird die optionale Software Powermanager ausgewertet. Diese Software ist serverbasiert und speichert die Daten automatisch auf einen Server und kann über jeder Stelle im Netzwerk aber auch über Internet von extern ausgewertet werden. Auch die Auswertetools dieser Software sind sehr überzeugend. Leider war es in unserem Fall nicht möglich diese Lösung zu realisieren, da die Landesinformatik die Software nicht für den Einsatz aufbereiten konnte. Somit wird nur der im Lieferumfang enthaltene Netzwerkklient verwendet. Auch diese Lösung ist für unsere Zwecke ausreichend. Dies ist auch der einzige Grund warum die Type 4200 gewählt wurde, da diese einen internen Speicher besitzt und sonst ja nicht geloggt werden könnte. Dieser Speicher umfasst bei Speicherung im 15-Minuten Intervall eine Kapazität von 40 Tagen. Der Tagesenergiezähler würde über Jahre reichen.

Bild 4-11 Siemens Sentron PAC 4200

Dem Messgerät wurde eine IP-Adresse im Netzwerk zugewiesen und somit kann jederzeit vom Arbeitsplatz aus jeder Wert ab- und ausgelesen werden.

4.2 Einbindung der Strommessgeräte in die Anlage

Aus folgendem Schaltbild ist zu entnehmen, wie das Gerät in den Stromkreis bei 3-poligem Anschluss (Gerät für Serverraum EG) eingebunden ist. Bei einpoligem (die restlichen 3 Geräte) Anschluss sind einfach entsprechend weniger Anschlusspunkte belegt. Bei 3-poligem Anschluss ist darauf zu achten, dass alle Stromzangen in die richtige Richtung zeigen, da ansonsten das Vorzeichen bei der Berechnung falsch ist und völlig falsche Werte ausgegeben werden. Bei einpoligem Anschluss ist diese Problematik unwichtig, da das Gerät diesen Fehler selbst kompensiert und keine negativen Leistungen ausgibt.

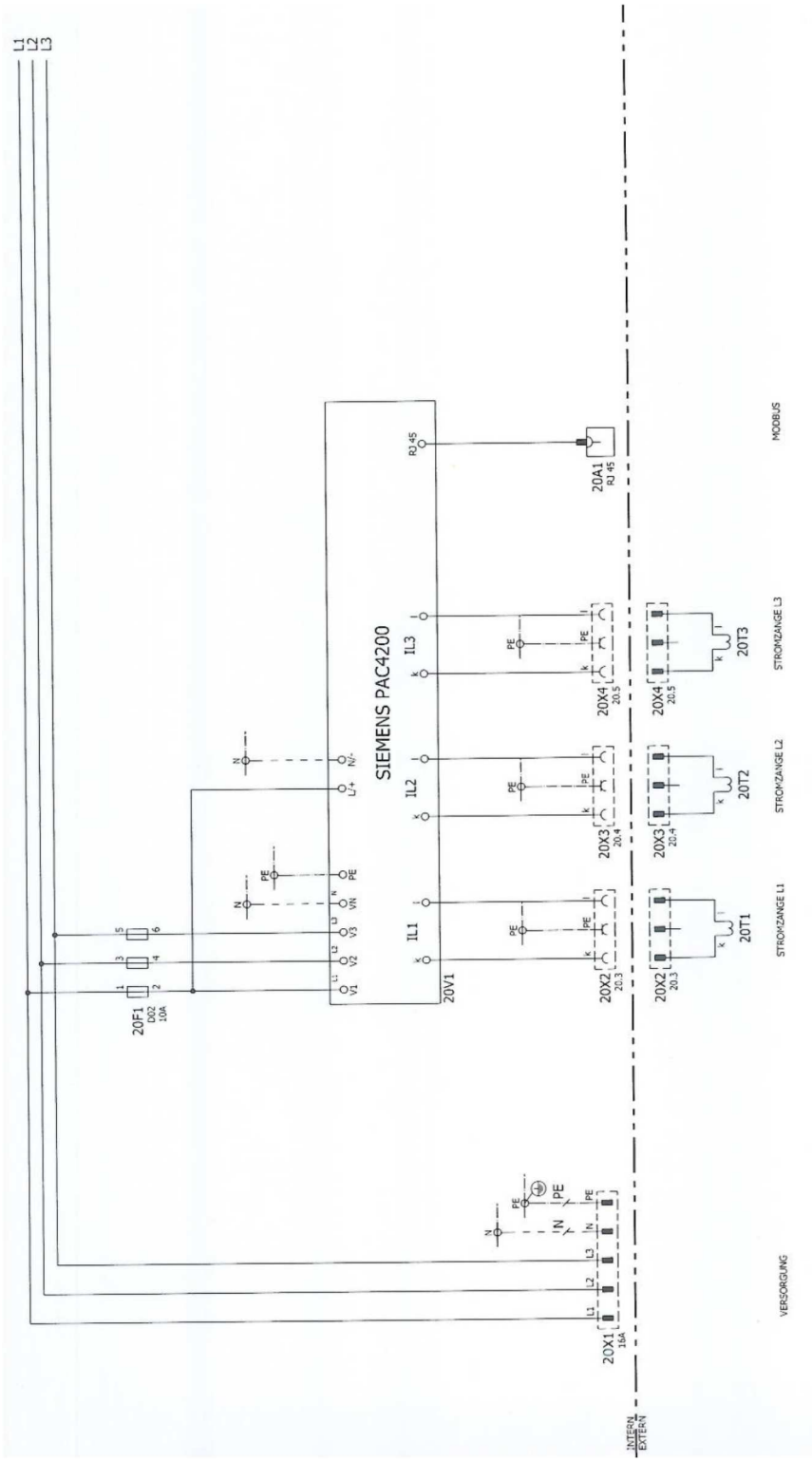


Abbildung 4-21 Schaltplan des mobilen Schaltschrankes

4.3 Messgrößen die ausgelesen werden können und die Verwendung derer.

Die Siemens PAC 4200 können folgende Werte ausgeben. Im wesentlichen für den verwendetet Einsatzbereich werden 2 verschiedene Dateien mit folgenden Ausgabewerten verwendet.

- Das Lastprofil

  Ausgegebene Werte:

  Zeitstempel der letzten Periode
  Object ID
  Mittelwert der Wirkleistung Bezug (W)
  Mittelwert der Wirkleistung Abgabe (W)
  Mittelwert der Blindleistung Bezug (var)
  Mittelwert der Blindleistung Abgabe (var)
  Mittelwert der Scheinleistung (VA)
  Gesamtwirkleistung Bezug (W)
  Gesamtwirkleistung Abgabe (W)
  Gesamtblindleistung Bezug (var)
  Gesamtblindleistung Abgabe (var)
  Kumulierte Gesamtscheinleistung (VA)
  Maximale Wirkleistung (W)
  Minimale Wirkleistung (W)
  Maximale Blindleistung (var)
  Minimale Blindleistung (var)
  Maximale Scheinleistung (VA)
  Minimale Scheinleistung (VA)
  Leistungsfaktor Bezug
  Leistungsfaktor Abgabe
  Lastgang Periodenlänge (ms)
  Lastgang Subintervalllänge (ms)
  Information Flag
  Datum/Zeit Synchronisationsflag
  Ãœberlast
  Spannung ausgefallen
  Falsche Subperiode
  Messperiode zu kurz
  Gemessenes QN
  Gemessenes Q1
  Gemessenes QTOT
  Gemessenes QMIXED

- Die Tagesenergieverbräuche
  Ausgegebene Werte:

  Date
  Record Number

Bezogene Gesamtwirkenergie Tarif 1 Wh
Bezogene Gesamtwirkenergie Tarif 2 Wh
Abgegebene Gesamtwirkenergie Tarif 1 Wh
Abgegebene Gesamtwirkenergie Tarif 2 Wh
Bezogene Gesamtblindenergie Tarif 1 varh
Bezogene Gesamtblindenergie Tarif 2 varh
Abgegebene Gesamtblindenergie Tarif 1 varh
Abgegebene Gesamtblindenergie Tarif 2 varh
Gesamtscheinenergie Tarif 1 VAh
Gesamtscheinenergie Tarif 2 VAh

Nur die fett Markierten Werte werden auch tatsächlich verwendet. Einige der Werte haben in den ausgegebenen Tabellen im den Wert Null (Abgabewerte, Tarif 2-Werte). Die nicht betrachteten Werte haben für den beschriebenen Anwendungsfall praktisch keine Bedeutung.

4.4 Wirkleistung, Scheinleistung, Wirkenergie und Scheinenergie.

Da im Objekt Chiemseehof, zur Verrechnung der elektrischen Energie von der Salzburg AG (Energieversorger) wie in allen Objekten im Landesbesitz ein Wirkenergiezähler verbaut ist, werden tatsächlich für die Betrachtung in dieser Arbeit nur die Wirkleistung bzw. die Wirkenergie betrachtet. Die Scheinleistung die ja das Netz des Energieversorgers belastet wird nicht beachtet da diese bei der Amortisationsrechnung keine Rolle spielt.

4.5 Auswertung der Strommessungen

Wie auch bei den Temperaturmessungen sollen auch bei den Strommessungen nur die Tagesverbräuche zur Berechnung herangezogen werden. Begründet wird diese Maßnahme dadurch, dass

- Der Aufwand für die Auswertung der genauen Lastgänge sehr viel höher wäre als über die Tagesenergieverbräche
- Die Temperaturverläufe dazu nur ansatzweise vorhanden sind und
- Auch bei den Messungen der Lastgänge die Daten über das gesamte Jahr nicht aufgenommen wurden.

Somit werden für die 3 Geräte allein die Tagesenergieverbräuche herangezogen.

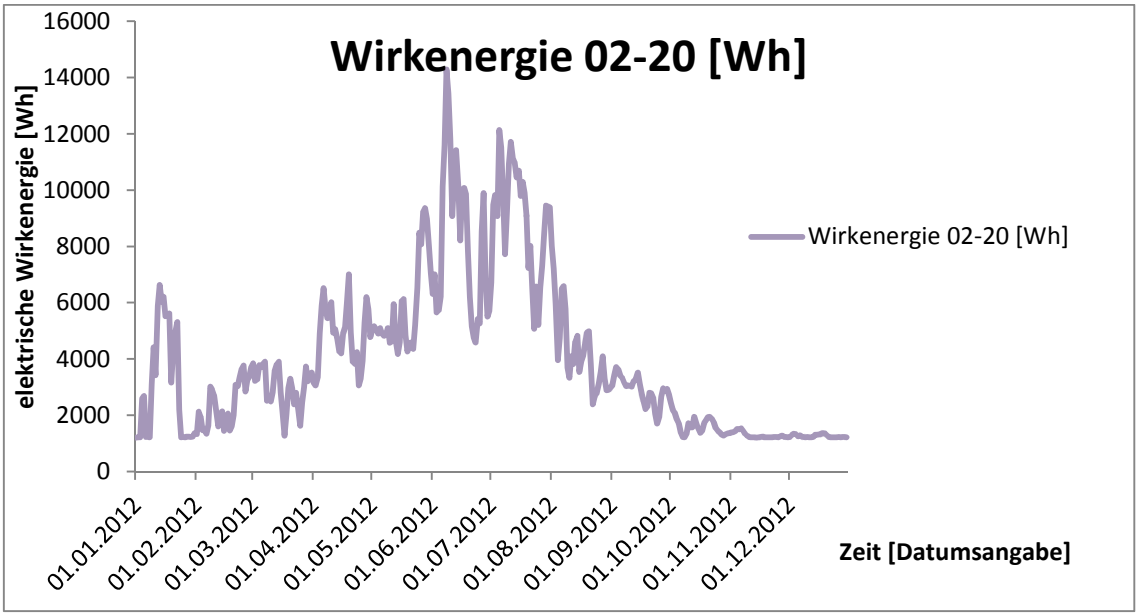


Diagramm 4-51 Wirkenergie Gerät 02-20

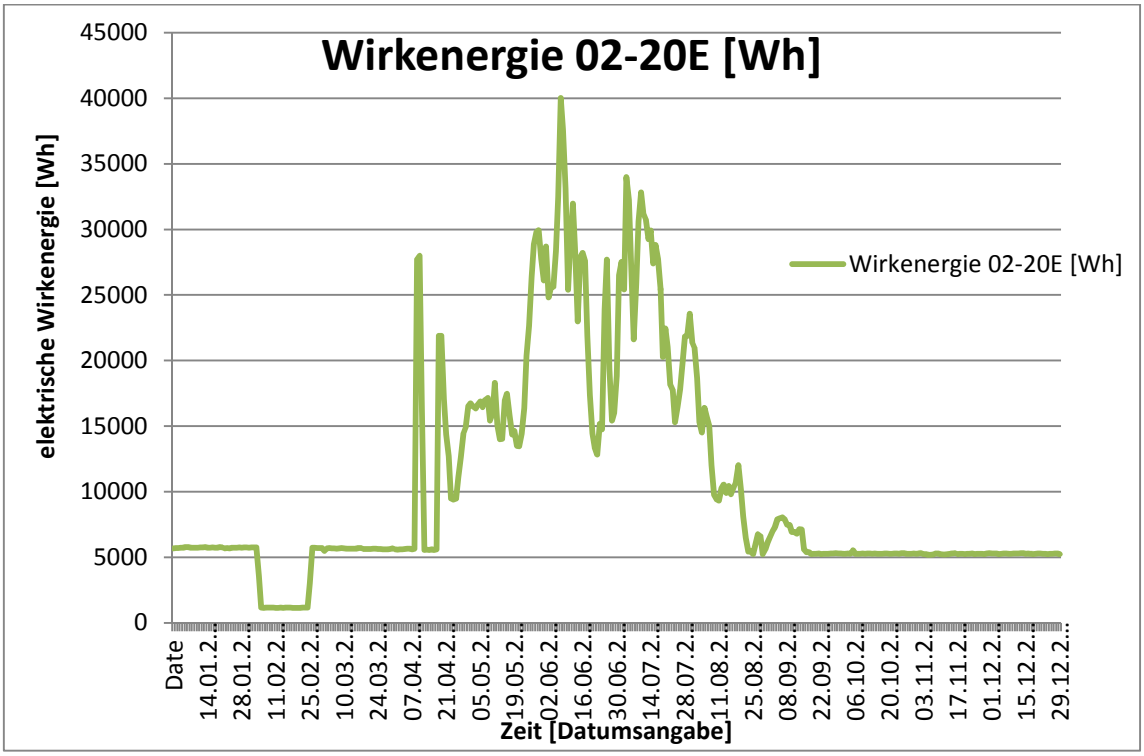


Diagramm 4-52 Wirkenergie Gerät 02-20E

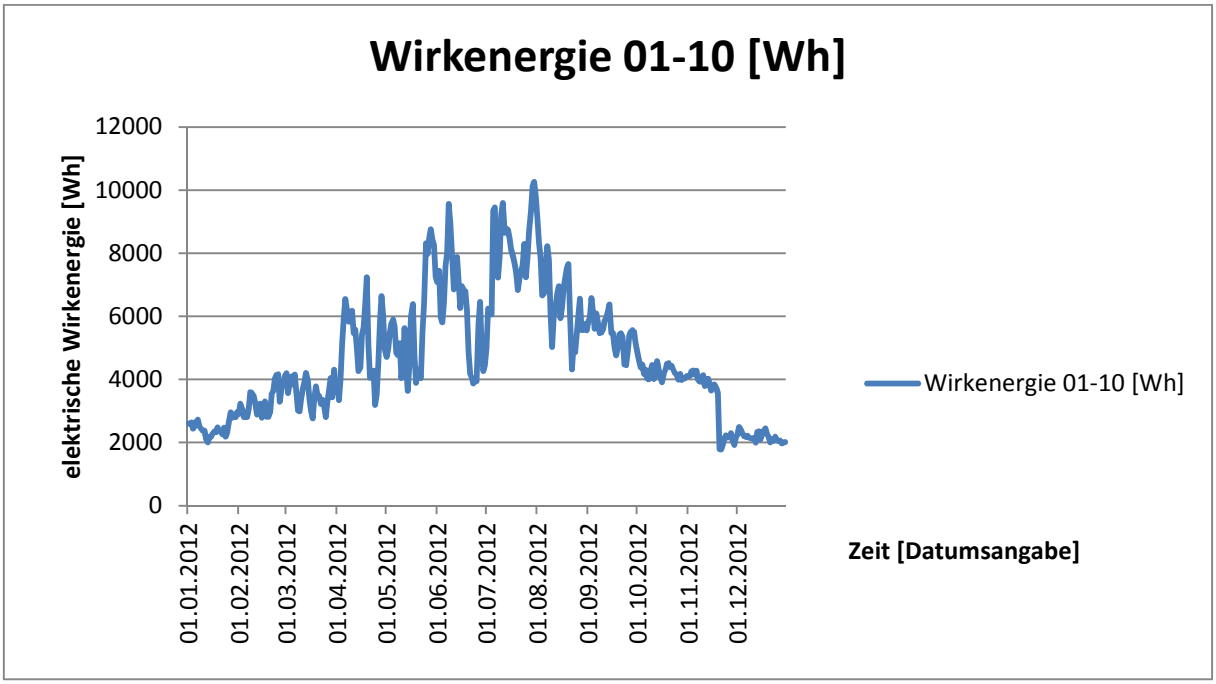


Diagramm 4-53 Wirkenergie Gerät 1-10

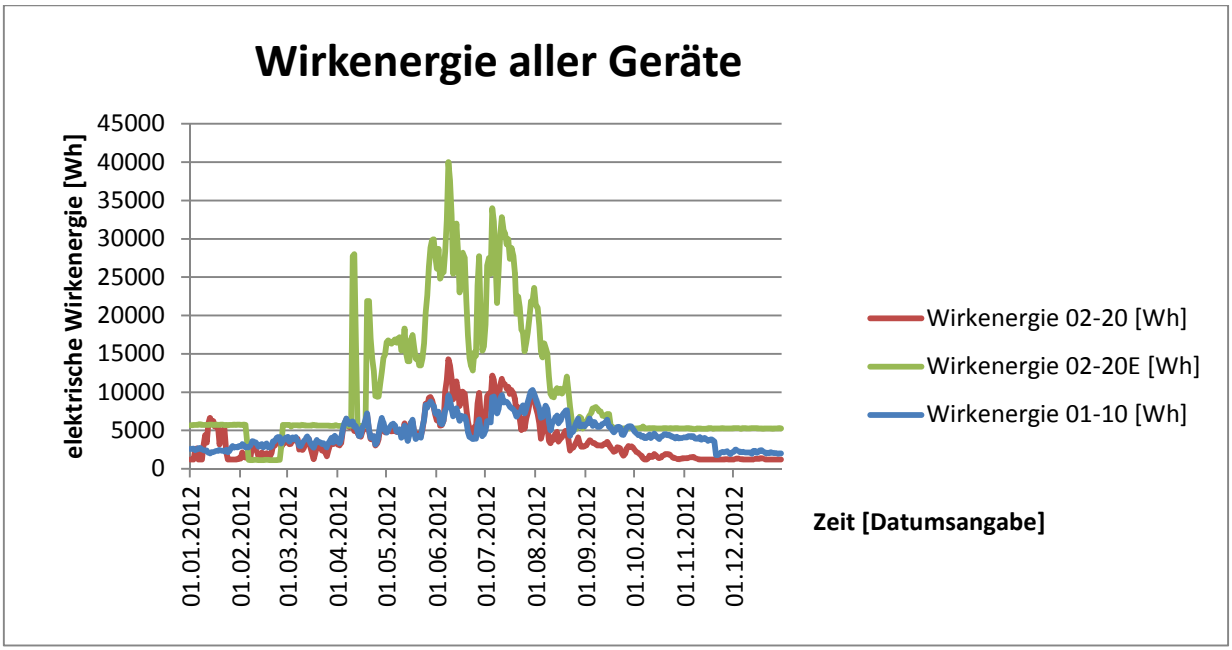


Diagramm 4-54 Wirkenergie aller Geräte

Bei genauerer Betrachtung der Diagramme wird klar, dass das Gerät für den Serverraum im Erdgeschoss mit Abstand die meiste Energie verbraucht. Da dieses Gerät wie oben bereits erwähnt das einzige Gerät ohne einer Möglichkeit der Modulation ist, kann angenommen

werden, dass dieses tatsächlich sehr ineffizient betrieben wird. Aber auch die beiden anderen Geräte haben verschieden Verläufe. Die Abweichungen der Verläufe wird zurückgeführt auf die verschiedenen Aufstellungsorte der Außenteile und natürlich über die verschiedenen internen und externen Wärmeeinträge.

Die im Gesamten Jahr verbrauchte elektrische Energie der Geräte beträgt:

- Gerät 02-20 **1.454,48 kWh**
- Gerät 02-20E **3.823,87 kWh**
- Gerät 01-10 **1.716,83 kWh**
- Gesamtverbrauch aller Geräte **6.995,18 kWh**

5 Berechnung der abgeführten Wärmemengen

5.1 Teillastverhalten

Bei der ursprünglichen Idee zur Ermittlung der abgeführten Wärmemenge aus den Serverräumen wurde nicht daran gedacht, dass bei den Inverter Geräten das Teillastverhalten eine wesentliche Rolle spielt und auch in den Leistungszahlen nicht richtig dargestellt wird. Da man aus den Messungen der elektrischen Leistungen und Energien keine Rückschlüsse ziehen kann in welchem Lastbereich die Anlage zu jeweiligen Zeitpunkt gelaufen ist, scheint es unmöglich die abgeführten Wärmemengen, mit dieser Methode, genau zu erfassen.

5.2 Kühlung über die Jahreszeiten

Die Auswertung der Daten zeigt, das die Kühlgeräte nahezu das ganze Jahr im Einsatz sind. Diese Folgerung kann man aus zwei Punkten ableiten:

- Die Temperatur in den Serverräumen ist das ganze Jahr konstant bei 25℃. Das bedeutet, dass die Klimageräte nicht unterdimensioniert sind und die Komponenten in den Serverräumen mehr Wärme erzeugen als über die Verluste des Raumes im Winter abgegeben werden. Die Räume scheinen bauphysikalisch relativ ausgeglichen zu sein.
- Die Klimageräte nehmen auch in der Winterzeit elektrische Energie auf, aus den Messergebnissen geht hervor, dass dies nicht nur die Energie für die Regelung sein kann die die Mengen dazu meistens zu groß sind.

Somit ist auch die vorher angenommene Innentemperatur am Innenteil von 25° richtig.

5.3 Ermittlung der abgeführten Wärmemengen

Da das Teillastverhalten wie oben beschrieben nicht richtig dargestellt wird, werden für die Berechnung der abgeführten Wärmemengen Annahmen getroffen.

Es werden ausschließlich die Tagesenergieverbräuche für die Bestimmung herangezogen. Dazu werden für verschiedene Zeiten in denen die Geräte in Betrieb waren näherungsweise verschiedene Leistungszahlen herangezogen. Die Zeiten werden so definiert, dass für die Tagestemperaturverläufe Mittelwerte berechnet werden und so für verschiedene Tagestemperaturmittelwerte jeweils eine Leistungszahl zugewiesen wird. Die Tage werden entsprechend sortiert und die entzogene Wärmemenge mit diesen Daten berechnet.

Für die Geräte 02-20 und 01-10:

Aus den Werten in Diagramm 3-23 können verschiedenen Temperaturen verschiedene Leistungszahlen zugewiesen werden. Da die Tagesmittelwerte der Temperaturen gemäß

Diagramm 2-41 43℃ nicht überschritten werden, muss für den Bereich über 43℃ keine Annahme getroffen werden wie sich die Leistungszahl entwickelt. Hingegen ist es notwendig für die Raumtemperaturen unter 20℃ notwendig.

Da die Raumtemperaturen über das gesamte Jahr nicht erfasst sind, ist es notwendig in Anlehnung an die vorhandenen Außentemperaturwerte fest zu legen mit denen dann gerechnet werden kann. Aus Diagramm 2-41 kann abgelesen werden, dass die Raumtemperatur niemals unter die Außentemperatur fällt. Es wird angenommen, dass die Raumtemperatur nicht unter den Gefrierpunkt fällt.

Da in der Tabelle aus der das Diagramm 2-1 stammt die Werte aller gemessenen Temperaturen stehen wurden empirisch Formeln entwickelt, welche die vorhandenen Daten sehr gut abbildet. Tatsächlich übersteigt die Abweichung der gemessenen und der berechneten Temperatur in keinem Punkt 1,20%. Somit liegt mit Sicherheit der Messfehler der Geräte wesentlich höher.

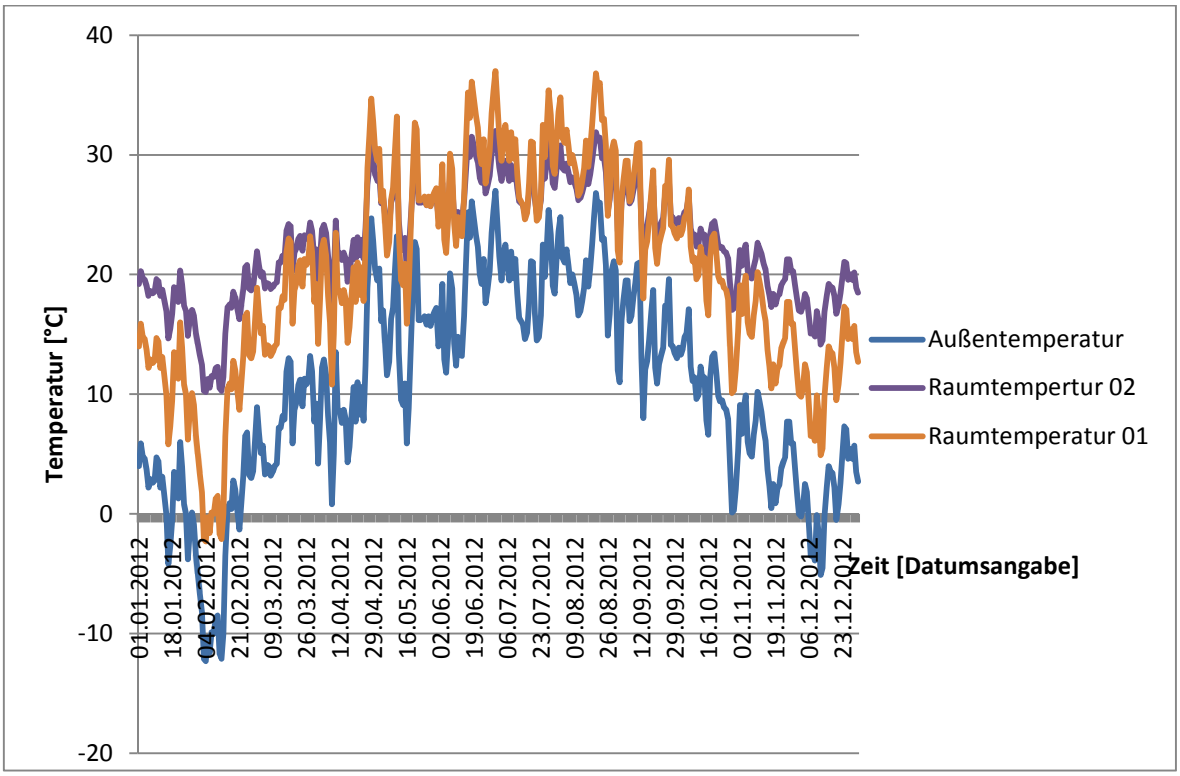


Diagramm 5-31 angenommene Temperaturkurven für die Aufstellungsräume.

Die Leistungszahlen werden im Bereich ab 20 für bestimmte Temperaturbereiche festgelegt. Den Tagestemperaturmittelwerten von 20℃ bis 23℃ w ird der Wert aus dem Diagramm für 21,5℃ verwendet für Tagesmittelwerte von 23℃ bis 26℃ der Wert von 24,5℃ etc. Für Temperaturen unter 20 ℃ werden insgesamt nur 3 Tem peraturspannen verwenden und zwar, bis 10℃, von 10℃ bis 16℃ und von 16℃ bis 20℃.

Die Leistungszahlen werden gemäß Diagramm 3-23 berechnet bzw. entsprechende Werte für nicht vorhandene Daten angenommen. Die Zwischenwerte werden über lineare Interpolation ermittelt.

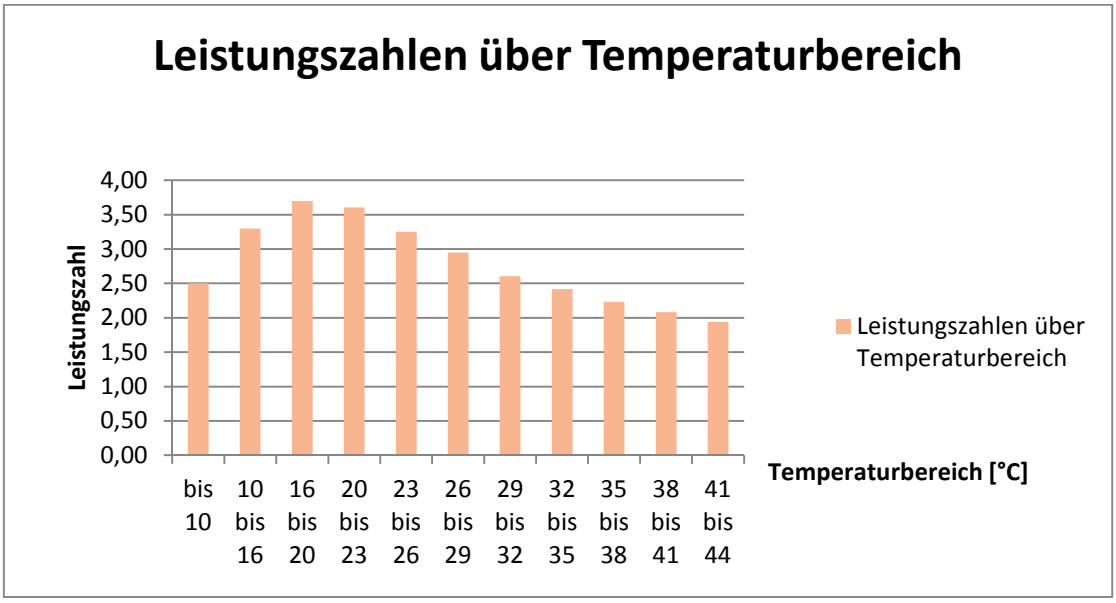


Diagramm 5-32 Leistungszahlen über Temperatur (Fujitsu)

Nun werden die Tabellendaten für Temperatur, Energie und Leistungszahlen wie in den Diagrammen 4-34, 5-31 und 5-32 zusammengefasst um die abgeführten Wärmemengen darstellen und auswerten zu können.

Für das Gerät 02-20E:

Für das Gerät 02-20E für den Serverraum im Erdgeschoss Stiege zwei wird wegen des Alters der Anlage bzw. weil dieses Gerät keine Invertertechnologie besitzt folgende Annahme getroffen: Alle Leistungszahlen sind um 35% unter jenen der anderen Geräte angesetzt.

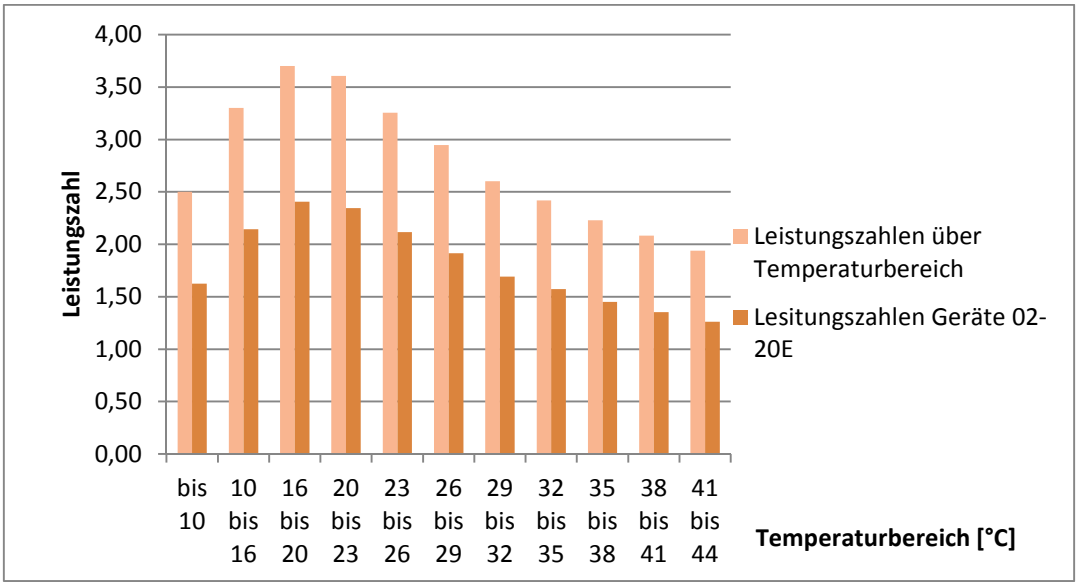


Diagramm 5-33 Leistungszahlen aller Geräte über Temperatur

In den Folgenden Diagrammen sind die abgeführten Wärmemengen dargestellt.

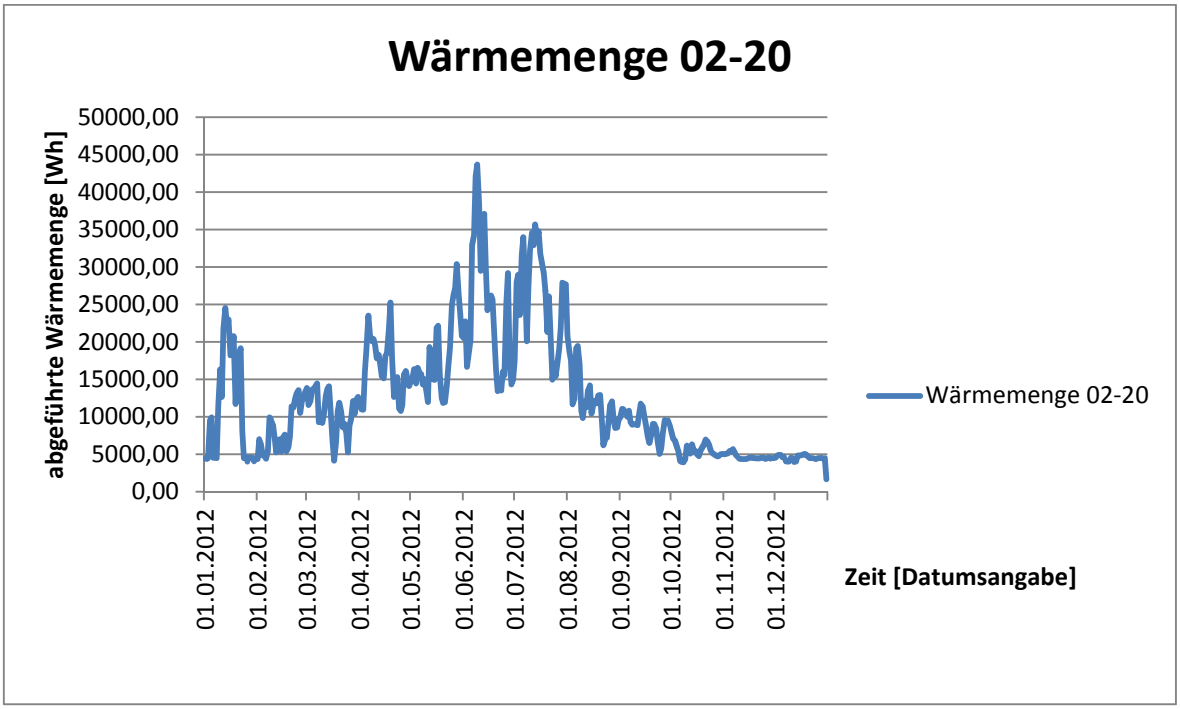


Diagramm 5-34 Wärmemenge über Zeit Gerät 02-20

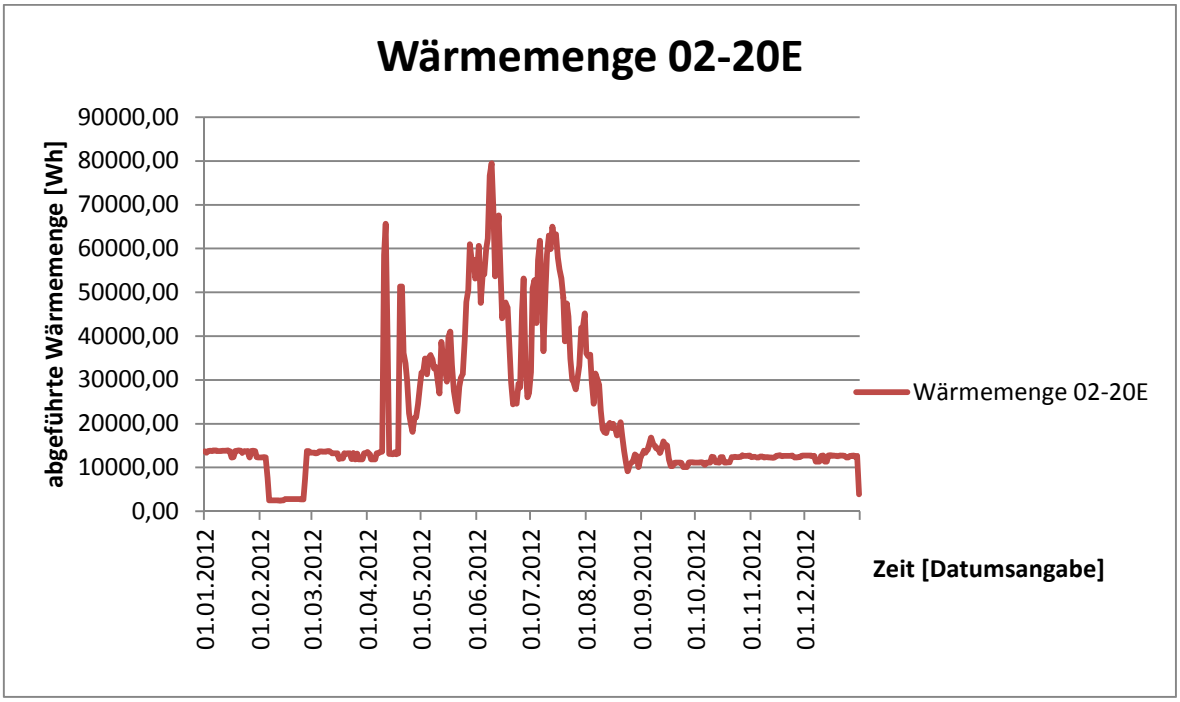


Diagramm 5-35 Wärmemenge über Zeit Gerät 02-20E

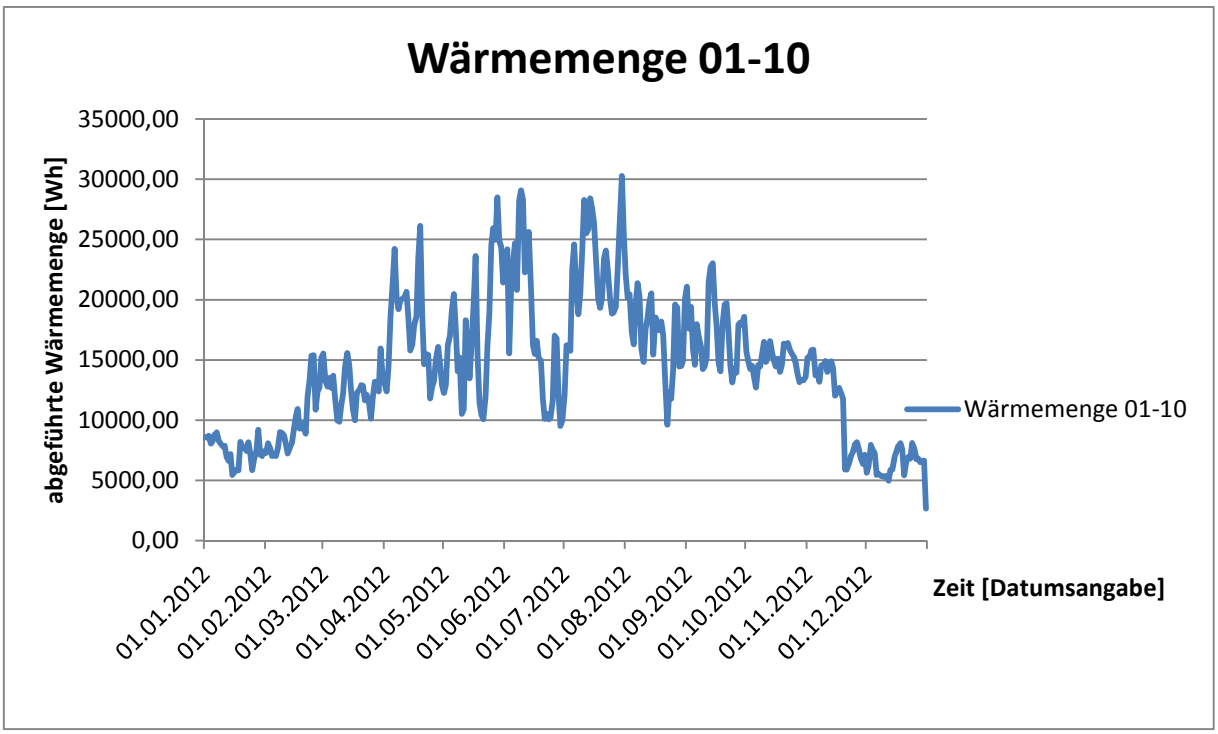


Diagramm 5-36 Wärmemenge über Zeit Gerät 01-10

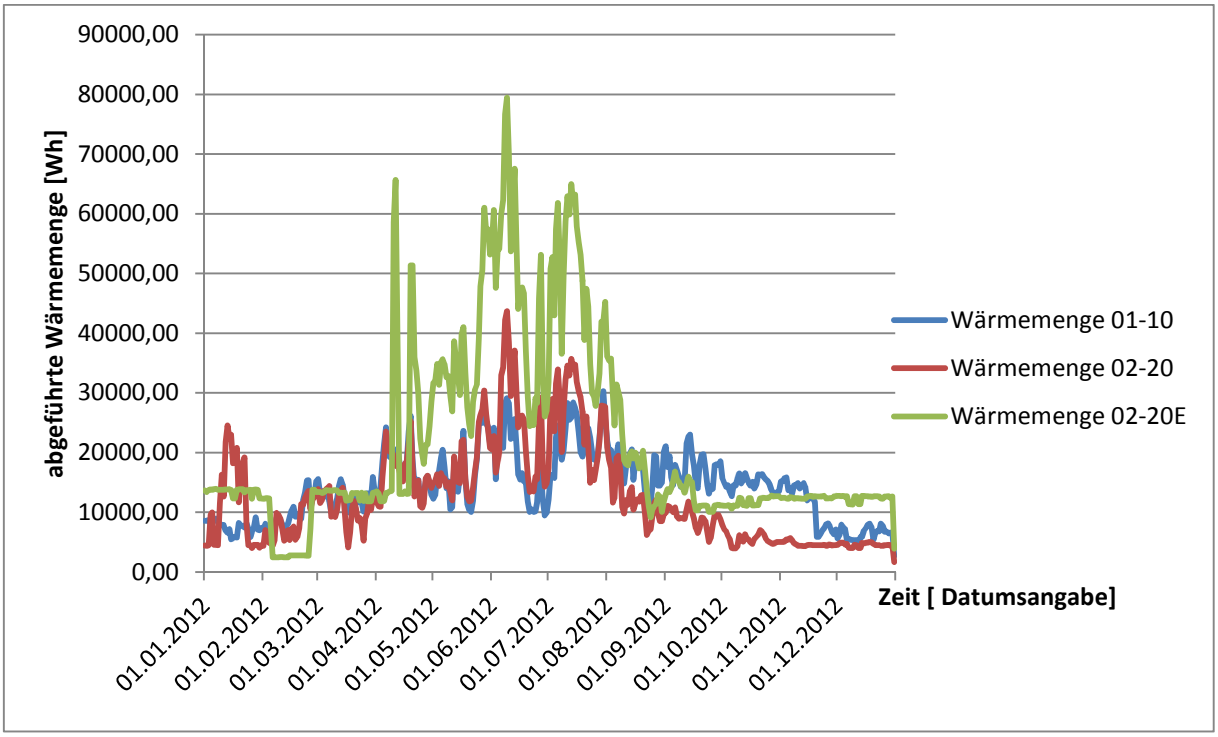


Diagramm 5-37 Wärmemenge über Zeit aller Geräte

5.4 Gesamtwerte der abgeführten Wärmemengen

Aus den Tabellen, die die Werte für die Diagramme 5-34 bis 5-37 enthalten ist es nun einfach die abgeführten Wärmemengen auszuziehen.

Abgeführte Wärmemenge Gerät 02-20 Serverraum Stiege 2 DG: **4621,50 kWh**

Abgeführte Wärmemenge Gerät 02-20E Serverraum Stiege 2 EG: **7844,45 kWh**

Abgeführte Wärmemenge Gerät 01-10 Serverraum Stiege 3 DG: **5254,16 kWh**

Gesamte abgeführte Wärmemenge der 3 Serverräume: **17720,11 kWh**

Somit sind die abgeführten Wärmemengen definiert und ein alternatives System kann dimensioniert werden.

6 Bestimmung der maximalen Kühllast

6.1 Annahmen

Da die genauen Lastgänge wie bereits erwähnt nicht zur Gänze vorliegen, werden Annahmen getätigt, welche auf die Tagesenergiemengen zurückzuführen sind. Die maximale Kühllast wird nach Betrachtung der elektrischen Tagesenergieverbräuche im Sommer bei sehr hohen Außentemperaturen benötigt. Es wird angenommen, das die maximale elektrische Leistung um den Faktor 4 höher ist als die durchschnittliche Tagesleistung. Da für die Betrachtung der abgeführten Wärmemengen auch nur Tagesmittelwerte für Temperatur herangezogen wurden, muss auch angenommen werden, dass bei auftreten der maximalen Kühllast auch Außentemperaturen von weit über der 43℃ auftreten. Für diese Temperaturen muss also auch eine Leistungszahl angenommen werden. Ohne die Temperatur genau zu beziffern wird die angenommene Leistungszahl bei maximaler Kühllast mit 1,5 festgelegt. Es werden die einzelnen Räume und die Summe der Räume separat betrachtet. Die Werte der einzelnen Räume werden benötigt um die Innengeräte bzw. das Rohrnetz Dimensionieren zu können, die Summenwerte um die die Kältemaschine auslegen zu können.

6.2 Maximale Kühllasten

Für die Bestimmung der maximalen Kühllasten werden die Werte in den Tabellen aus denen die Wirkenergien stammen entsprechend sortiert. Somit betragen die einzelnen Werte gerundet inkl. 20% Leistungsreserven:

Maximale Gesamtkühllast:	17,20kW
Max. Kühllast Raum 02-20:	4,30 kW
Max. Kühllast Raum 02-20E:	12,00 kW
Max. Kühllast Raum 01/10:	2,90kW

Aus den Tabellen geht somit auch hervor, dass die maximalen Kühllasten im betrachteten Zeitraum am selben Tag auftreten.

7 Betrachtung der Möglichkeiten zur Wärmeabfuhr.

7.1 Wärmeabfuhr - Almkanal

Da die größten Wärmemengen im Sommer abgeführt werden müssen, können sie nicht zur für die Beheizung der Räume verwendet werden. Die Möglichkeit der Warmwasserbereitung ist auch nicht gegeben da kein zentrales Warmwassersystem vorhanden ist.

Somit müssen zumindest im Sommer die aus den Serverräumen abgeführten Wärmemengen ungenützt abgeführt werden. Dazu bietet sich der Almkanal an, der direkt durch die Liegenschaft läuft. Nach Rücksprache mit den verantwortlichen Betreibern des Almkanals wäre eine Wärmeabfuhr ohne Probleme genehmigungsfähig. Somit ist eine Überlegung über Luftgekühlte Rückkühlung nicht notwendig, diese wäre nur unter extremen Aufwand effizient möglich, da der Denkmalschutz bei solchen Themen sehr sensibel reagiert.

Der Almkanal ist ein künstliches Gewässer das über 5m³ Wasser pro Sekunde aus der Königsseeache und auf einer Strecke von ca. 15 km in die Salzburger Innenstadt bringt. Nachdem der Almkanal bis Anfang des 20. Jahrhunderts nahezu die einzige Energiequelle für Handwerk Industrie und Gewerbe war, nutzen ihn auch heute noch 16 Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von ca. 1,2 MW und einer Jahresarbeitsleistung von ca. 8,5 GWh. Derzeit sind insgesamt ca. 200 gebührenpflichtige Nebennutzungen registriert darunter eben auch viele Anlagen zu Kühlzwecken. Eben eine solche Anlage soll idealerweise in naher Zukunft auch den Chiemseehof erschließen.

Nach Informationen vom Almmeister beträgt die Wassermenge des Arms der durch den Chiemseehof läuft momentan ca. 50l/s könnte unter Umständen aber auf 150l/s erweitert werden. Über den Temperaturverlauf wurde mir vom Almmeister ein Diagramm zur Verfügung gestellt das die Wassertemperatur darstellt. Die Temperaturen bewegen sich über das Jahr im Bereich zwischen 3℃ und 15℃. Die Gesamtte mperatur darf maximal um 2,5℃ erhöht werden.

Die Wasserqualität im Almkanal ist in den letzten Jahren wesentlich gestiegen, da die ehemaligen Hauskanaleinbindungen zu über 99% an das öffentliche Abwasserkanalnetz angeschlossen wurden. Somit bleiben als Verschmutzungsquellen nur noch Oberflächenwasser, davon aber auch nicht sehr viele, da auch ein Kanalnetz für diese Wässer besteht.

Bild 7-11 Übersicht Almkanal

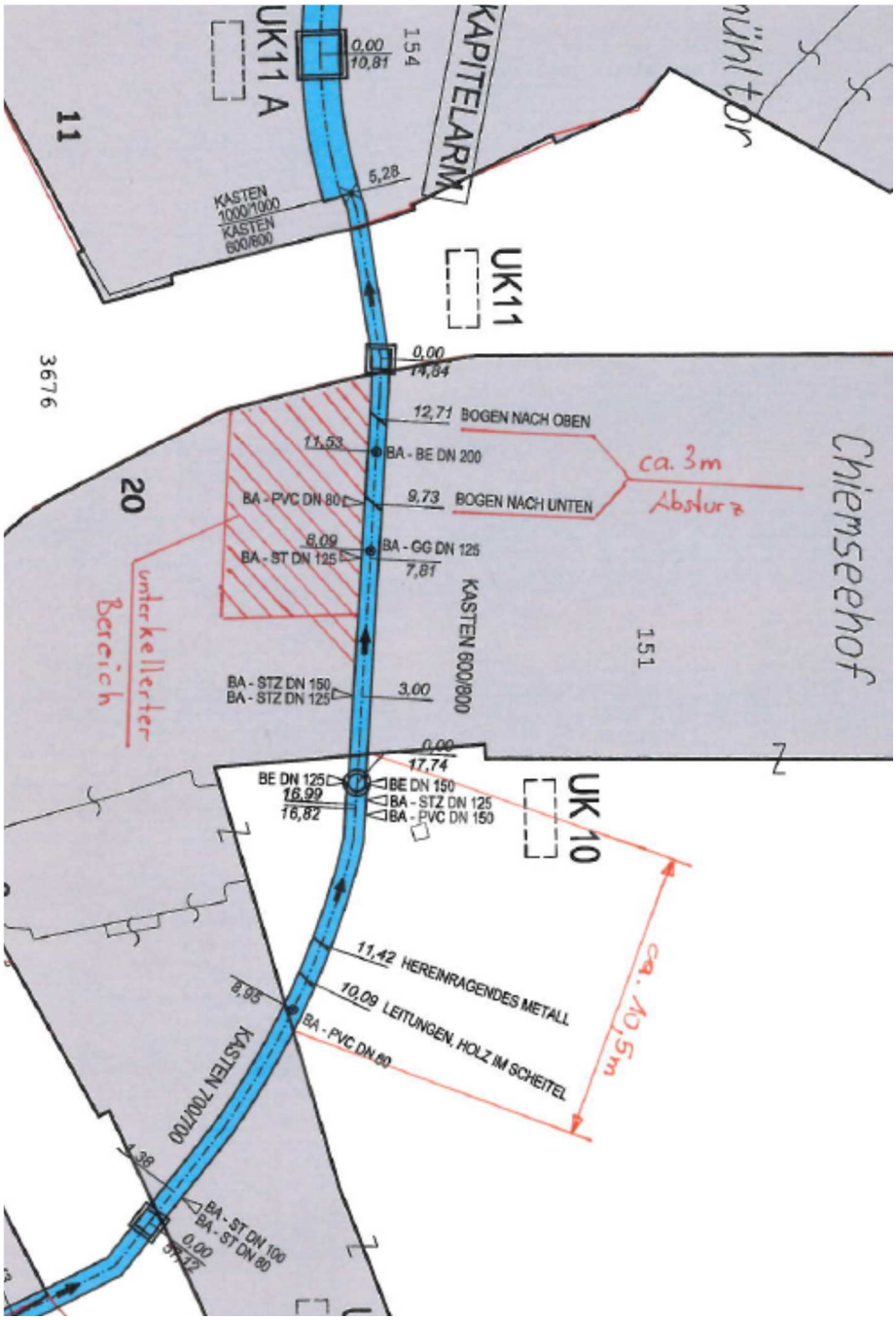


Bild 7-12 Almkanal im Chiemseehof

7.2 Wärmetauschersysteme

In Betracht gezogen werden verschiedene Systeme von Wärmetauschern.

- Plattenwärmetauscher
- Doppelrohrwärmetauscher
- Kanalwärmetauscher

Jedes dieser drei System hat Vor- und Nachteile diese sollen kurz behandelt werden und dann eine Systemwahl getroffen werden.

Plattenwärmetauscher sind die billigste Variante jedoch ist der Einsatz an eine sehr starke Filtration des Wassers aus dem Almkanal gebunden, die Ihrerseits wieder viel kosten.

Ein Doppelrohrwärmetauscher ist gegen Schmutz weit weniger anfällig, dafür ist er teurer als ein Plattentauscher und benötigt auch wesentlich mehr Platz.

Ein Kanalwärmetauscher ist praktisch nicht anfällig für Verschmutzungen ist jedoch relativ teuer vor allem auch durch die baulichen Maßnahmen, welche notwendig sind um ein solches System zu installieren.

Nach Rücksprache mit dem Betreiber des Almkanals, werden bei den in Betrieb befindlichen Anlagen, alle oben angeführten Möglichkeiten verwendet. Da von den Betreibern aber keine Daten über die einzelnen Wartungs- und Energiekosten vorliegen, können die bestehenden Anlagen nicht für die Entscheidungsfindung herangezogen werden.

Da anzunehmen ist, dass in Zukunft die Wasserqualität im Almkanal sich noch weiter verbessern wird, scheint aus Kostengründen die Variante mit dem Plattenwärmetauscher am attraktivsten zu sein. Im Kapitel 9 wird detaillierter auf die Realisierungsmöglichkeit eingegangen werden.

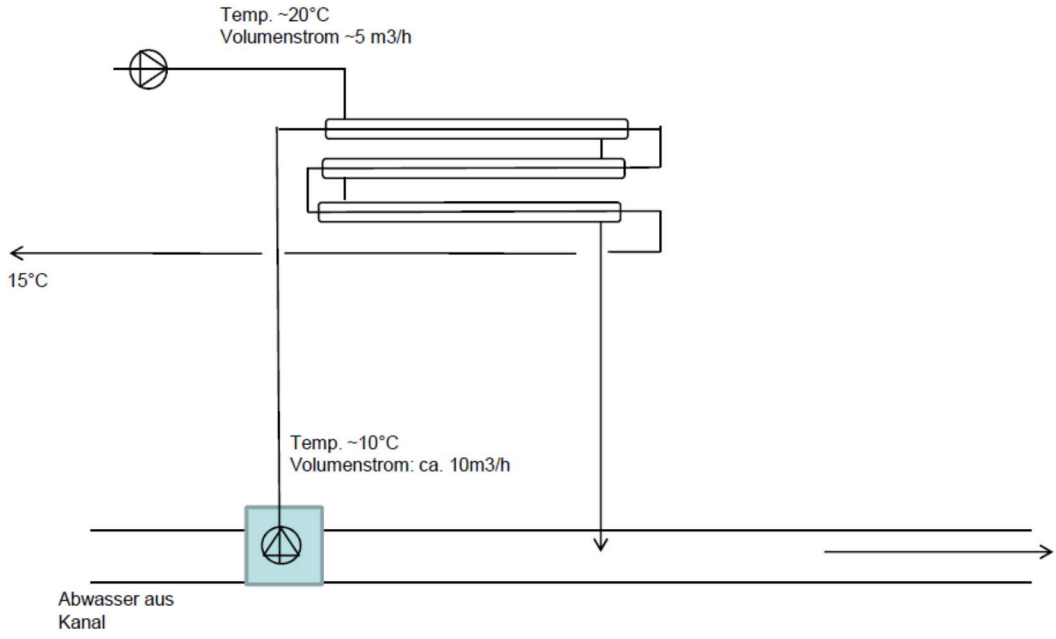


Bild 7-21 Schematische Darstellung mit Doppelrohrwärmetauscher

In Bild 7-21 ist schematisch dargestellt, wie die Wärmeabgabe mit einem Doppelrohrwärmetauscher mit aussehen würde. Schematisch ist dabei kein Unterschied zu einem Plattentauscher, außer eben der Wärmetauscher selbst. Die Wassermengen und die Temperaturen würden gleich bleiben.

8 Auswahl eines neuen Kältesystems.

8.1 Kriterien

Folgende Voraussetzungen wurden im Auswahlkriterium bewertet:

- Abgabe der Wärmeenergie an den Almkanal, also an ein Wassersystem muss möglich sein
- Heizen und Kühlen mit einem System muss möglich sein, also eine maximale Wärmerückgewinnung
- Das System muss sehr flexibel erweiterbar sein
- Der Eingriff ins bestehend Bauwerk soll mit geringem Aufwand möglich sein
- Die Systemtemperaturen sollen so gewählt werden können, dass möglichst lange ein Free-Cooling-Betrieb möglich ist.

8.2 Ausgewählte Systeme

Folgende Systeme werden in nachstehenden Kapiteln beschrieben:

- VRV System von der Firma DAIKIN
- Energiestation von der Firma WALTER MEIER

8.3 VRV – Anlagen (DAIKIN)

ALLGEMEINES:

VRV Anlagen gehören zur Familie der dezentralen Klimaanlagen. Das VRV-Verfahren (Variable Refrigerant Volume) also variabler Kältemittelvolumenstrom ist sehr vielseitig einsetzbar. Die Heizung und Kühlung im System erfolgt durch Kältemitten, Die Konditionierung der Räume mit Umluftgeräten. Um Heizen und Kühlen mit einem System gewährleisten zu können ist ein Dreileitersystem notwendig, eine Druckleitung, eine Flüssigkeitsleitung und eine Saugleitung. Die Umluftgeräte selbst können sind nur an zwei Leitungen angeschlossen, die Umschaltung zwischen kühlen und heizen findet in Umschalteinheiten vor den Innengeräten statt. Die Inneneinheiten werden je nach Einsatz gruppenweise an die Umschaltboxen angeschlossen.

<u>Vorteile von VRV-Anlagen</u>

- optimale Kompaktlösung für Entfeuchtung, Kühlung, Heizung und Filtern
- Außenluftzufuhr je nach Bauart der Inneneinheit möglich
- behagliches Raumklima durch gleichzeitige Beeinflussung von φ und t
- hoher Entwicklungsstandard der Anlagenkomponenten
- leistungsgeregelte Verdichter verfügbar
- umfangreiche Rohrnetze für Direktverdampfung möglich
- drehzahlgeregelte Ventilatoren mit hoher Luft- und niedriger Schalleistung verfügbar
- elektronische Einspritzventile verfügbar
- HFCKW-freie Kältemittel
- reaktionsschnelles System

- hohe Jahresarbeitszahlen im Teillastbetrieb
- geringer Platzbedarf
- flexible Installation
- geringer Wartungsaufwand
- Möglichkeit eines Wasserkühlers
- Kein zweites Medium für Energietransport

Nachteile von VRV - Anlagen

- höhere Investitionskosten für die Geräte
- mehr Kältemittel im System
- durch den Einsatz nur von Kältemittel sind die Medientemperaturen sehr beschränkt
- die im Kühlfall abgeführte Wärmeenergie ist für einen geforderten Heizfall im System nur über geringe Entfernungen einsetzbar.
- Entfeuchtung findet statt auch wenn diese nicht erwünscht oder notwendig wäre

8.4 Energiestation (Walter Meier)

Allgemein

Die Energiestation ES BASIS arbeitet grundlegend wie eine Wärmepumpe oder Kältemaschine und kann als Primärquelle Wärme aus dem Erdreich, Grundwasser oder abzukühlende Wärme nutzbar machen.
Mit dem Energie-Lastmanagement wird überschüssige Wärme abgeführt und fehlende Energie den Elementen entzogen. Die für das Lastmanagement erforderlichen Ventile und Pumpen sind in den Hydraulikmodulen integriert.

Vorteile der Energiestation

- Natürliches Kältemittel R290
- Modulare hydraulische Einheiten für Kühlen und heizen verfügbar
- Gleichzeitiger Heiz- und Kühlbetrieb möglich
- Systemtemperaturen individuell wählbar, da Kaltwassersystem
- Integrierte webfähige Regelung für 4 Heizkreis und 4 Kühlkreise sowie Datenaufzeichnung.
- Freie Produktauswahl für alle Kühl- und Heizsysteme
- Im Kühlfall kann die abgeführte Wärmeenergie durch die Energiestation überall im System verwendet werden
- Durch entsprechende Systemkomponenten Kühlung auch ohne Entfeuchtung möglich
- hohe Jahresarbeitszahlen im Teillastbetrieb

Nachteile der Energiestation

- durch Kaltwassersystem größere Rohrdurchmesser im Verteilsystem
- Problem der Brennbarkeit des Kältemittels R290
- Eigene Regelung für alle Systemkomponenten außerhalb der Hydraulikschränke
- größerer Platzbedarf für die Hauptmaschine

8.5 Auswahl des Systems

Für die Auswahl scheint es notwendig den Kriterien Gewichtigkeit zuzuordnen. Aus Meiner Sicht sind 2 Kriterien als die wichtigsten anzusehen.

- die Möglichkeit des Free-Cooling-Betriebs und
- der Einbau mit geringstem Aufwand und Platzbedarf

beide Anlagen erfüllen einen der beiden Punkte wesentlich besser als die andere, da aber bei der VRV – Anlage der Free-Cooling-Betrieb bei angenommenen Temperaturen von 12-20 ℃ Wassertemperatur des Almkanals für die Wärmea bgabe nicht möglich ist, dies aber als wesentlicher Energiesparpunkt betrachtet wird muss die Wahl auf die Energiestation fallen. Leider werden dabei massive Eingriffe für die Kaltwasserverteilung im Gebäude nötig sein, da die Rohrdurchmesser als sehr groß einzuschätzen sind, weil durch die hohem Kaltwassertemperaturen im Free-Cooling-Betrieb so hoch sind und dadurch sehr große Wassermengen umgewälzt werden müssen.

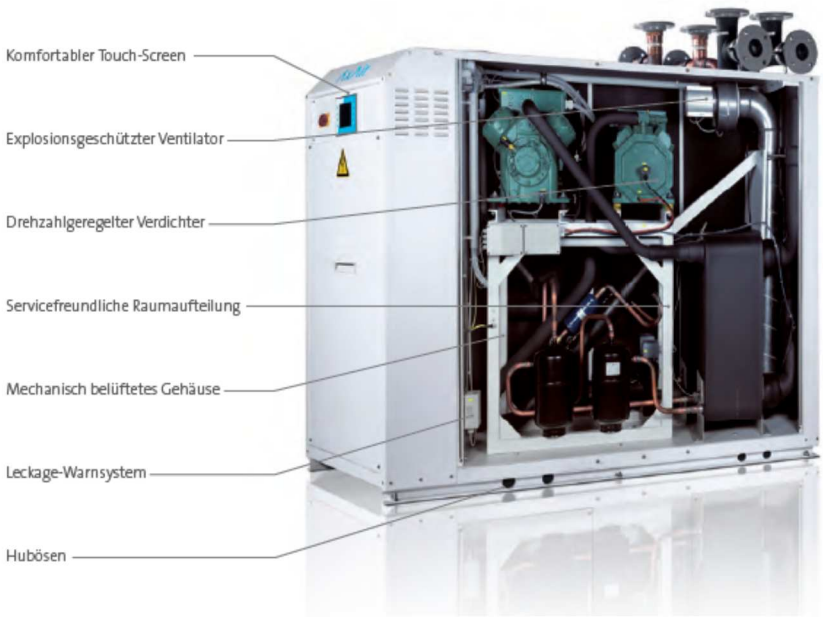


Bild 8-51 Darstellung einer Energiestation mit den wichtigsten Komponenten

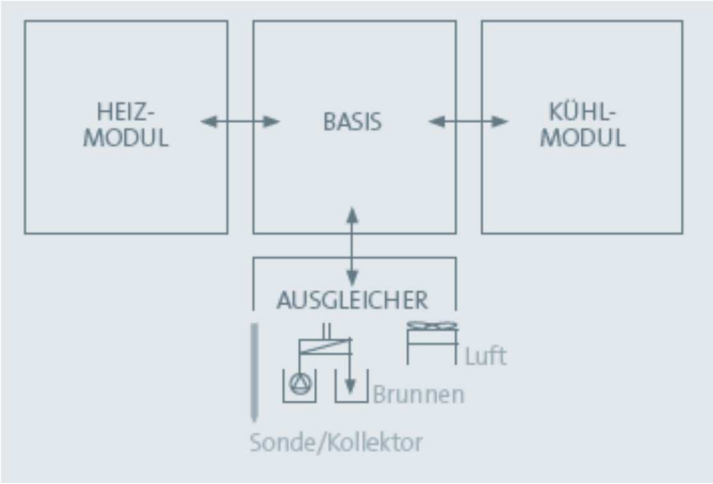


Bild 8-92 Schematische Darstellung der Energiestation mit Hydraulikmodulen

9 Auswahl der Systemkomponenten und Planung der neuen Kälteanlage

9.1 Allgemeines

Das neue System wird nur für die Kühlung der betrachteten Serverräume erarbeitet. Nur in Punkt 12 wird kurz auf eventuelle Synergieeffekte eingegangen. Diese sind aber nicht Bestandteil dieser Ausarbeitung. Das neue System beinhaltet also nur die Kühlung der Serverräume, die Wärmeabfuhr in den Almkanal und die Möglichkeit die aus den Serverräumen abgeführten Wärmemengen in der Heizungsanlage zu verwenden. Andere Wärmerückgewinnungsmöglichkeiten sind leider nicht gegeben.

Bei der Komponentenauswahl wird explizit auf bestimmte Fabrikate verwiesen. Im Zuge einer Realisierung des Projektes müssen die Komponenten produktneutral ausgeschrieben werden. Es sind also gleichwertige Lösungen von anderen Herstellern möglich.

9.2 Komponentenauswahl

Kältemaschine:

Als Kältemaschine soll eine Energiestation der Firma Walter Meier eingesetzt werden. Die Entscheidungsfindung dazu wurde in Kapitel 8 beschrieben. Ein Problem gibt es bei der Größe der zur Verfügung stehenden Aggregate. Leider werde nur Maschinen mit eine Kälteleistung ab 42 kW angeboten. Die in Kapitel 6 definierte maximale Kühllast beträgt jedoch nur 17,20 kW. Nach Rücksprache bei der Firma Walter Meier werden jedoch im Jahr 2015 kleinere Varianten ab 6 kW auf den Markt kommen. Mit dabei soll auch eine Energiestation ES Basis 20 mit einer Nennkälteleistung von 21 kW sein. Diese sollte für den Einsatz für die Kühlung der Serverräume ideal sein, das sie wie die momentan auf dem Markt befindlichen Energiestationen von 25 – 100% stufenlos regelbar ist.

Genaue Kenndaten sind noch nicht erhältlich, aber hier wir angenommen, dass alle Kennzahlen direkt proportional zur Energiestation ES Basis 40 zu bestimmen sind.

TECHNISCHE DATEN **ENERGIESTATION**

ES **BASIS**		40	65	80	115	130	180	220	250
Heizleistung[1]	kW	39	65	80	113	132	175	215	252
COP		4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,4
Kühlleistung[2]	kW	42	71	87	125	145	192	236	278
EER		4,4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Leistungsbereich		25 - 100%							
Wassermenge (Δt. 5K)	l/h	6800	11300	13900	19600	22900	30400	37700	43600
Nenn-Druckverlust Intern	kPa	10	10	10	10	10	10	15	15
Solefördermenge (Δt. 3K)	l/h	9400	15800	19600	28500	31700	41800	51400	56900
Nenn-Druckverlust Intern	kPa	20	27	27	28	27	27	27	33
Spannungsversorgung	V	400/3+N	400/3+N	400/3+N	400/3+N	400/3+N	400/3+N	400/3+N	400/3+N
Leistungsaufn. Heizen	kW	8,5	14,1	17,1	24,8	28,5	38,5	47,2	56,5
Leistungsaufn. Kühlen	kW	9,6	16	19,5	28,4	32,6	53,	58,6	70,0
Betriebsstrom, nom	A	20	28	31	46	54	72	91	119
Betriebsstrom, max	A	37	52	58	86	100	133	169	220
Kältekreisläufe		2	2	2	2	2	2	2	2
Anzahl der Kompressoren		2	2	2	2	2	2	2	2
Kompressortyp		Halbhermetische Hubkolbenverdichter							
Kältemittel		R290	R290	R290	R290	R290	R290	R290	R290
Kältemittelfüllmenge	kg	2 x 3,2	2 x 4,1	2 x 4,9	2 x 6,5	2 x 7,6	2 x 9,8	2 x 12,2	2 x 14,4
Schalldruckpegel [3]	dB(A)	59	63	63	64	66	67	70	71
Gewicht	kg	510	790	980	1350	1570	1960	2300	2800
Abmessung Breite	mm	870	870	870	870	870	870	870	870
Abmessung Tiefe	mm	1550	1550	2030	2030	2030	2710	2710	2710
Abmessung Höhe	mm	1900	1900	1900	1900	1900	2000	2000	2000

1) Heizleistung basierend auf 35 °C Wasser-Vorlauftemperatur und 0 °C Sole-Rücklauftemperatur 2) Kühlleistungen basierend auf 7° C / 12° C Wasser-Vorlauftemperatur und 30 °C / 35 °C Sole-Vorlauftemperatur 3) gemessen im Abstand von 1m Freifeld

Tabelle 9-21 Technische Daten der aktuellen Energiestation ES Basis – Modelle

Somit ergeben sich für die zu erwartende Energiestation ES Basis 20 folgende Werte die momentan von technischem Interesse sind:

- Heizleistung: 19,5kW
- Kühlleistung: 21 kW
- Wassermenge: 6800 l/h bei einer Temperaturdifferenz von 5 K
- Solefördermenge: 9400 l/h bei einer Temperaturdifferenz von 3 K
- Max. elektrische Leistungsaufnahme im Kühlfall: 9,6 kW
- Max. Betriebsstrom: 16,5 kW

Regelung:

Grundsätzlich ist bei der Energiestation die gesamte Regelung bereits inkludiert. Aus einem anderen Projekt in dem vor 2 Jahren eine Energiestation (ES Basis 80) verbaut wurde, liegen Informationen vor, dass die Einbindung der SPS der Energiestation in eine GLT, in diesem und im Fall des Projektes das mit Energiestation bereits realisiert wurde, ein Regler Modell Hawk der Serie Honeywell Centraline, sehr gut funktioniert. Der Hawk Regler hat im

Gegensatz zu vielen Reglern der Mitbewerber den Vorteil, das er über Browserzugang voll programmiert werden kann.

Da die Anforderung maximale Betriebszeiten im Free-Cooling Betrieb ist, muss die Regelung die Vorlauftemperatur gleitend fahren. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu anderen Kältesystemen die normalerweise so ausgelegt werden, dass eine konstante Vorlauftemperatur eingestellt wird. Da aber die Leistung der Energiestation moduliert und auch die in den Hydraulikmodulen verbauten Umwälzpumpen drehzahlgesteuert sind kann der Volumenstrom und somit auch die Leistung der Gebläsekonvektoren entsprechend gesteuert werden. Entscheidend für die einzustellenden Werte ist ja einzig die Raumtemperatur in den Serverräumen. Wenn mit den eingebauten Gebläsekonvektoren die Raumtemperatur nicht mehr auf Sollwert gebracht werden, kann muss die Energiestation in Betrieb gehen und der Free-Cooling Betrieb ist beendet.

Wärmeabfuhr aus den Serverräumen:

Hierfür sollen Gebläsekonvektoren verwendet werden wie sie von vielen verschiedenen Herstellern angeboten werden.

Da im Vergleich zu konventionellen Kühlsystemen relativ hohe Temperaturen zum Einsatz kommen sollen, damit wie bereits beschrieben eine sehr lange Zeit ein Free-Cooling-Betrieb möglich ist, sind die ausgewählten Geräte relativ groß und somit auch etwas teurer.

Für die Auslegung werden Geräte der Firma Schako herangezogen.

Wie in Kapitel 6 erarbeitet sind aus den Serverräumen folgende Kühllasten abzuführen:

- Max. Kühllast Raum 02-20: 4,30 kW
- Max. Kühllast Raum 02-20E: 12,00 kW
- Max. Kühllast Raum 01-10: 2,90kW

	n	NW									
		10	11	20	21	30	31	40	41	50	51
Q_{ges} (kW) (2)	1-max.	2,11	2,65	3,70	3,98	5,37	5,75	6,45	6,97	7,81	8,27
	3-mittel	1,61	2,11	2,71	3,05	4,68	5,15	5,19	5,96	6,02	6,76
	5-min.	1,06	1,45	1,90	2,14	3,10	3,49	3,82	4,83	4,51	5,54

(2) Lufteintrittstemperatur = 27°C, Wassereintrittstemperatur = 7°C, Temperaturdifferenz = 5°C

Tabelle 9-22 Kühlleistung der Modellreihe Aquaris von der Firma Schako

Da die Luft- und Wassereintrittstemperaturen im betrachteten System anders sind als für die angegebenen Leistung in Tabelle 9-22 müssen Korrekturfaktoren benutzt werden. Diese

lassen sich relativ leicht berechnen, da die Temperaturdifferenzen direkt proportional zu den Leistungen stehen. Die mittlere Temperaturdifferenz von Wasservolumenstrom (VLT=7℃ ; RLT 2℃ -> mittlere Temperatur 4,5℃) zu Lufteintri ttstemperatur (27℃) beträgt im Auslegungsfall somit 22,5 K. Im betrachteten System sind die Wassertemperaturen in denen auf jeden Fall noch Free-Cooling Betrieb möglich sein sollte, ebenfalls mit eine Spreizung von 5 K jedoch mit eine Wassereintrittstemperatur von 17°C (somit Wasseraustrittstemperatur 12℃. Somit ergibt sich eine mittlere Wassertempera tur von 14,5℃. Die Lufteintrittstemperatur soll mit 27℃ gleich angenommen werden, da der Sollwert der Raumtemperatur bei 25℃ liegt. Somit ergibt sich eine im betrachtetet Fall eine Temperaturdifferenz von 10,5 K.

Der Korrekturfaktor betragt somit f = 22,5K / 10,5K = 2,14

Somit betragen mit dem Korrekturfaktor bereinigten maximalen Kühllasten:

- Für Raum 02-20: 4,3kW x 2,14 = 9,2 kW
- Für Raum 02-20E: 12,0kW x 2,14 = 25,7 kW
- Für Raum 01-10: 2,9kW x 2,14 = 6,2 kW

Somit werden folgende Geräte ausgewählt:

- Für Raum 02-20: ein Gerät NW 51 (Leistungsdefizit von ca. 10%)
- Für Raum 02-20E: drei Geräte NW 51 (Leistungsdefizit von ca. 5%)
- Für Raum 01-10: ein Gerät NW 40 (Leistungsüberschuss von ca. 4%)

Die Leistungsdefizite in den Räumen 02-20 und 02-20E werden in Kauf genommen um nicht noch ein zusätzliches Gerät installieren zu müssen um Kosten zu sparen.

In allen Serverräumen sollen die Geräte an die Decke montiert werden um Platz zu sparen, die Möglichkeit dazu würde vor Ort überprüft und ist in allen Serverräumen gegeben.

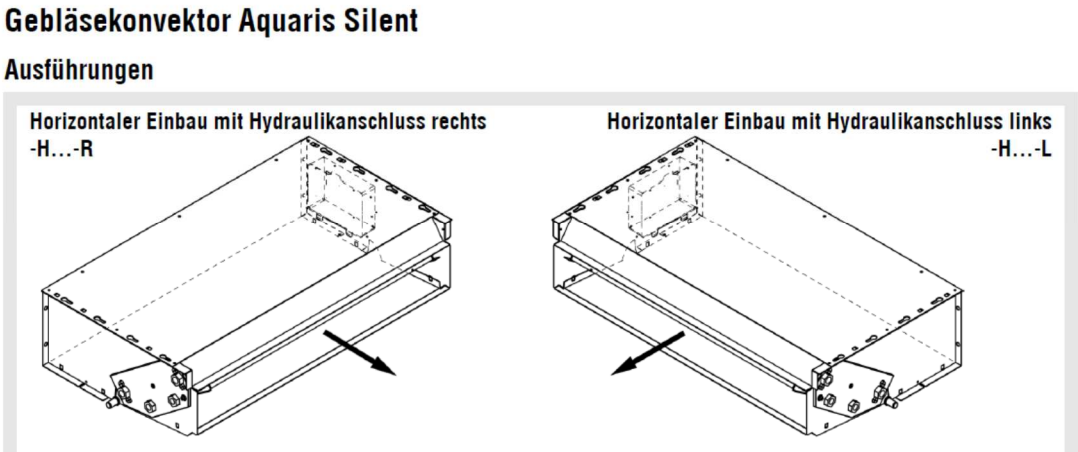
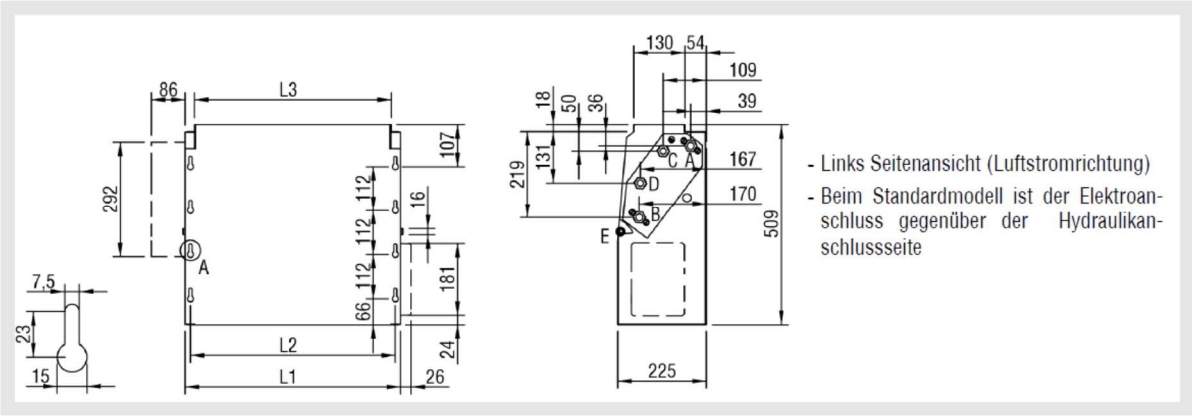


Bild 9-23 Ausführungen der Gebläsekonvektoren für Deckeneinbau



NW	Abmessungen (mm)					Gewicht (Kg)		Wasserinhalt der Register (l)	
	L1	L2	L3	L4	L5	G1	G2	3 Reihen	1 Reihe
10 / 11	697	670	645	649	755	14	20	1,2	0,3
20 / 21	912	885	860	864	970	20	28	1,6	0,4
30 / 31	1247	1220	1195	1199	1305	25	36	2,3	0,6
40 / 41	1352	1325	1300	1304	1410	32	46	2,5	0,7
50 / 51	1597	1570	1545	1549	1655	35	49	3,0	0,9

Bild 9-24 Abmessungen der Gebläsekonvektoren

Die Gebläsekonvektoren können in verschiedenen Ausführungsvarianten bestellt werden. Im betrachteten Fall werden keine Kondensatpumpen eingebaut sein müssen, da die Kondensat Ableitung über freies Gefälle möglich ist.

Hydraulische Komponenten:

Auf alle im System vorkommenden Hydraulikkomponenten soll hier nicht eingegangen werden, lediglich auf die Hauptkomponenten. Einzelne Absperrkomponenten, Rohre, Kompensatoren etc. werden lediglich in der Kostenschätzung pauschal berücksichtigt.

Von der Firma Walter Meier werden Hydraulikkomponenten für Heizen und Kühlen genau abgestimmt auf die Energiestation ES Basis angeboten. Da diese auch von der Regelung der Energiestation erfasst werden können, scheinen diese Module ideal für den Einsatz bei der beschriebenen Problemstellung, da diese noch dazu in sehr platzsparenden kompakten Schränken geliefert werden. In den Hydraulikschränken befinden sich alle benötigten Komponenten wie Ausdehnungsgefäß, Wärmetauscher, Pumpen, Absperreinrichtungen, Regelventile etc.. Diese werden für jede Anforderung im Projekt kundenspezifisch ausgestattet.

Bild 9-25 Schematisches Bild der Hydraulik-Module

Bild 9-26 Bild vom Innenleben eines Hydraulikmodules

Da die Schränke Diffusionsdicht und wärmegedämmt ausgeführt sind, ist es nicht notwendig die Leitungen im inneren des Schranke zu isolieren. Für Wartungsarbeiten sind also alle Teile leicht zugänglich.

Da angenommen wird, das im Winter die gesamte Kühllast ständig im Free-Cooling Betrieb erbracht wird, wird im für den ersten Ausbauschritt kein Heizmodul benötigt, da die Energiestation im Winter ja nicht benötigt wird.

Die Filteranlage mit automatischer Abschlämmung wird von der Fima Boll projektiert. Fabrikat Selfclean Type 6.18. Nach allen bekannten Daten müsste ein Filter DN 50 ausreichend sein.

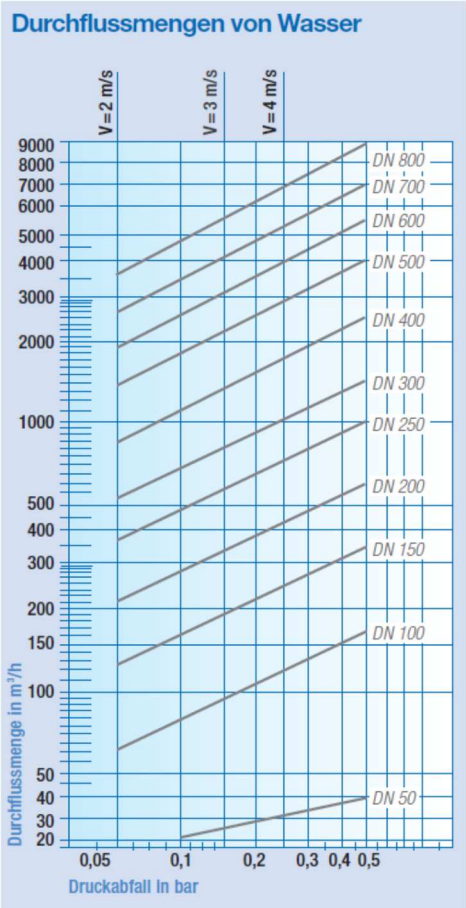


Bild 9-27 Durchflussdiagramm des ausgewählten Filters

Bei der zu erwartenden Verschmutzung und des errechneten Wasserdurchflusses wäre der Druckverlust bei ca. 7kPa und somit der Pumpenstrom der aufgebracht werden muss im Gegensatz zu anderen Wärmetauschern und der Energiestation sehr klein.

9.3 Schematische Darstellung

Die Dimensionierung der Anlagenkomponenten ist in den Schemata eingetragen. Das Gesamtschema wurde der Übersicht halber in mehrere Teile aufbereitet um auch in A4 noch ein paar Details erkennen zu können. Die Verrohrung von 1. Obergeschoss und 3. Obergeschoss wird in dieser Arbeit nicht dargestellt. Die Leitungen in diesen Geschossen werden einfach vertikal Aufputz durch die Räume geführt.

Grundsätzlich wird bei jedem Durchtritt durch Brandabschnitte ein Mörtel- oder Weichschott ausgeführt und die Leitungen mit Streckenisolierung nach Norm gedämmt.

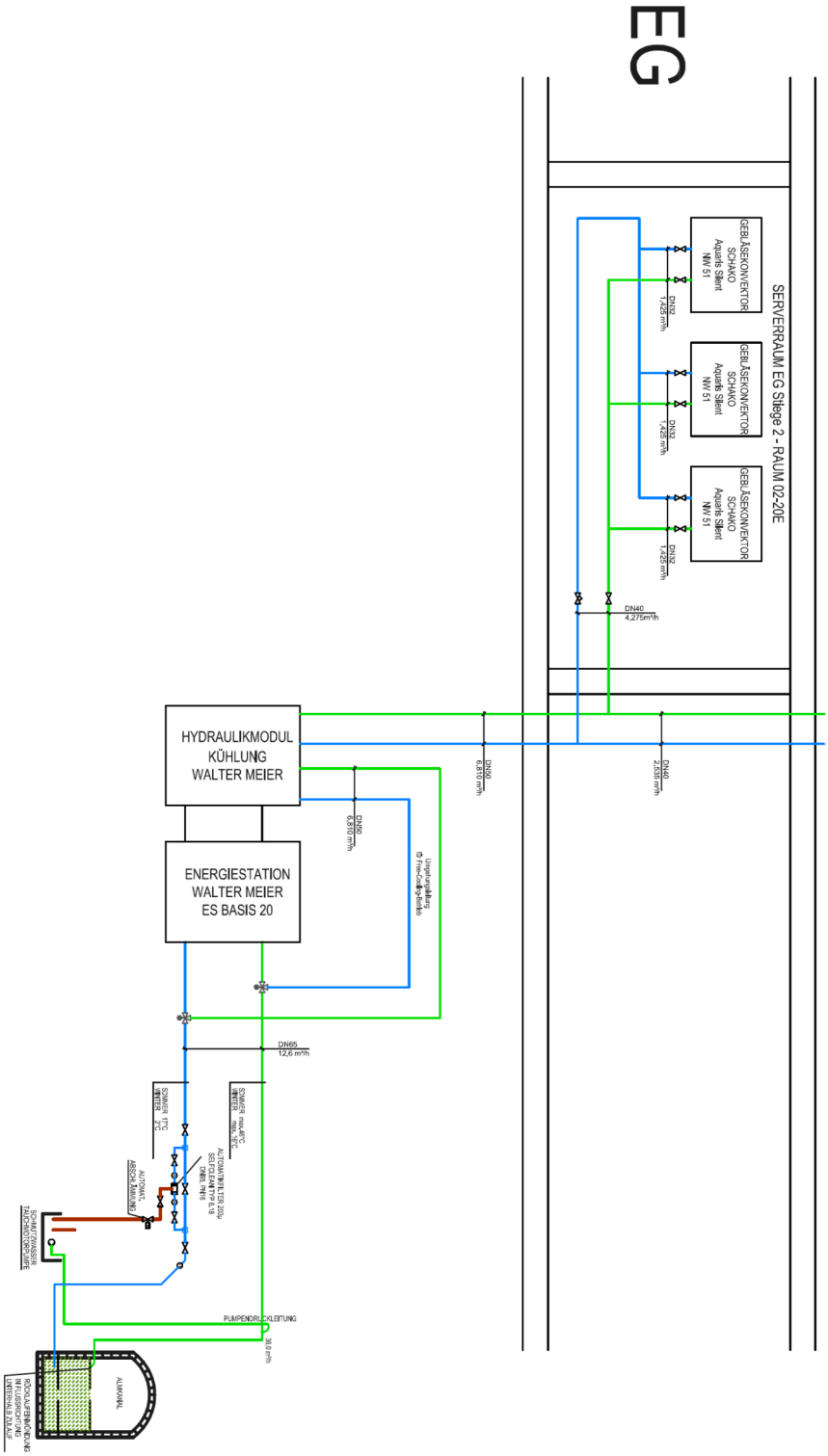


Bild 9-31 Schematische Darstellung der Anlagenkomponenten in Keller- und Erdgeschoss

In Bild 9-31 ersichtlich sind die Anbindung an den Almkanal, die Filtration, die Energiestation und das Hydraulikmodul Kühlen im Kellergeschoss sowie im Erdgeschoss der Serverraum 02-20E mit den zugeordneten Fancoils inkl. aller Zuleitungen und Absperreinrichtungen. Da die 3 Fancoils im Tichelmannsytsem verrohrt werden sollen ist nur ein Strangregulierventil in der Zuleitung für alle Geräte notwendig um die Wassermenge zu regulieren. Bei den Fan-

coils selbst sollte bei jedem der selbe Druckverlust auftreten und somit jeder die gleiche Leistung haben.

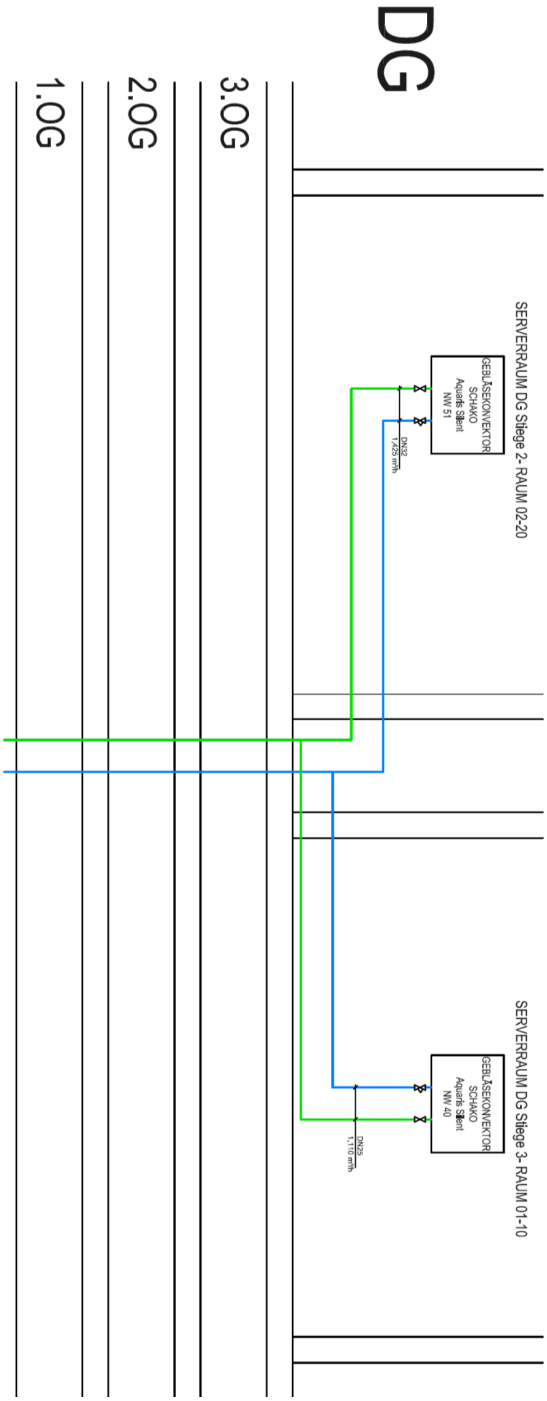


Bild 9-32 Schematische Darstellung der Anlagenteile im Dachgeschoss

In Bild 9-32 ersichtlich sind die den Serverräumen 02-20 und 01-10 zugeordneten Fancoils und die zugehörigen Leitungen und Absperreinrichtungen. Bei jedem Fancoil ist ein Strangregulierventil angedacht um die Wassermenge und somit die Leistung einregeln zu können.

9.4 Übersichtspläne – Grundrisse

Die hier gezeigten Planunterlagen sollen lediglich eine Übersicht vermitteln durch welche Gebäudebereiche Leitungen laufen und wo somit auch im Zuge einer Ausführung mit baulichen Eingriffen zu rechnen ist. Die Pläne können für eine weitere Montageplanung als Entwurf verwendet wurden.

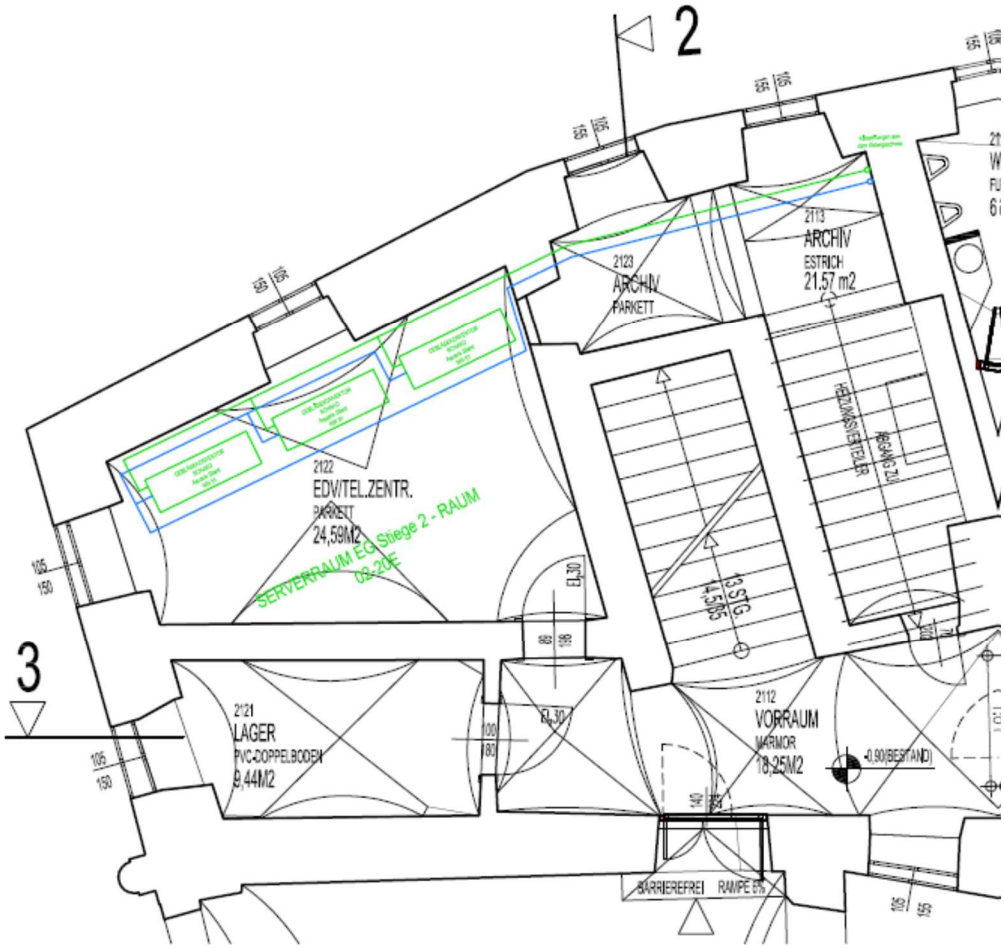


Bild 9-41 Grundrissausschnitt Erdgeschoss Serverraum 02-20E

In Bild 9-41 dargestellt ist die Verrohrung und die Positionierung der Fancoils für Serverraum 02-20E. Es wird dabei 2-mal ein brandabschnittsbildender Bauteil durchdrungen. Einmal die Decke über dem Technikraum im Keller wo sich die Energiestation, die Filtration und das Hydraulikmodul befinden. Und einmal bei Übergang vom Archiv in den Serverraum selbst.

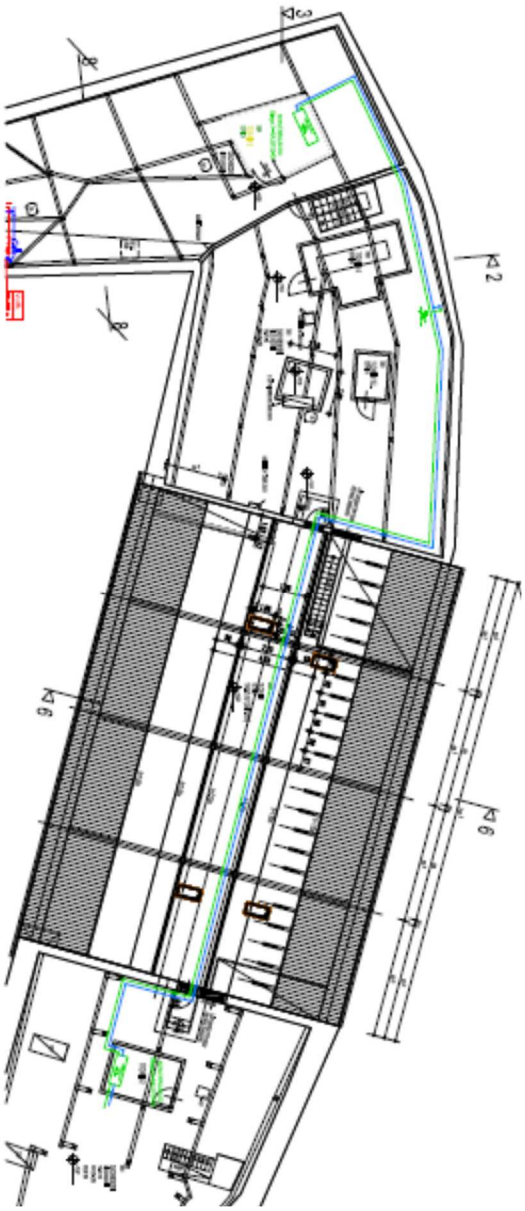


Bild 9-42 Grundrissausschnitt Dachgeschoss

In Bild 9-42 ersichtlich, die Lage der Serverräume im Dachgeschoss (02-20 und 01-10) und die Verrohrung zu diesen mit dem Punkt an dem die Leitungen aus dem 3. Obergeschoss bzw. dem Kellergeschoss vom Technikraum kommen.

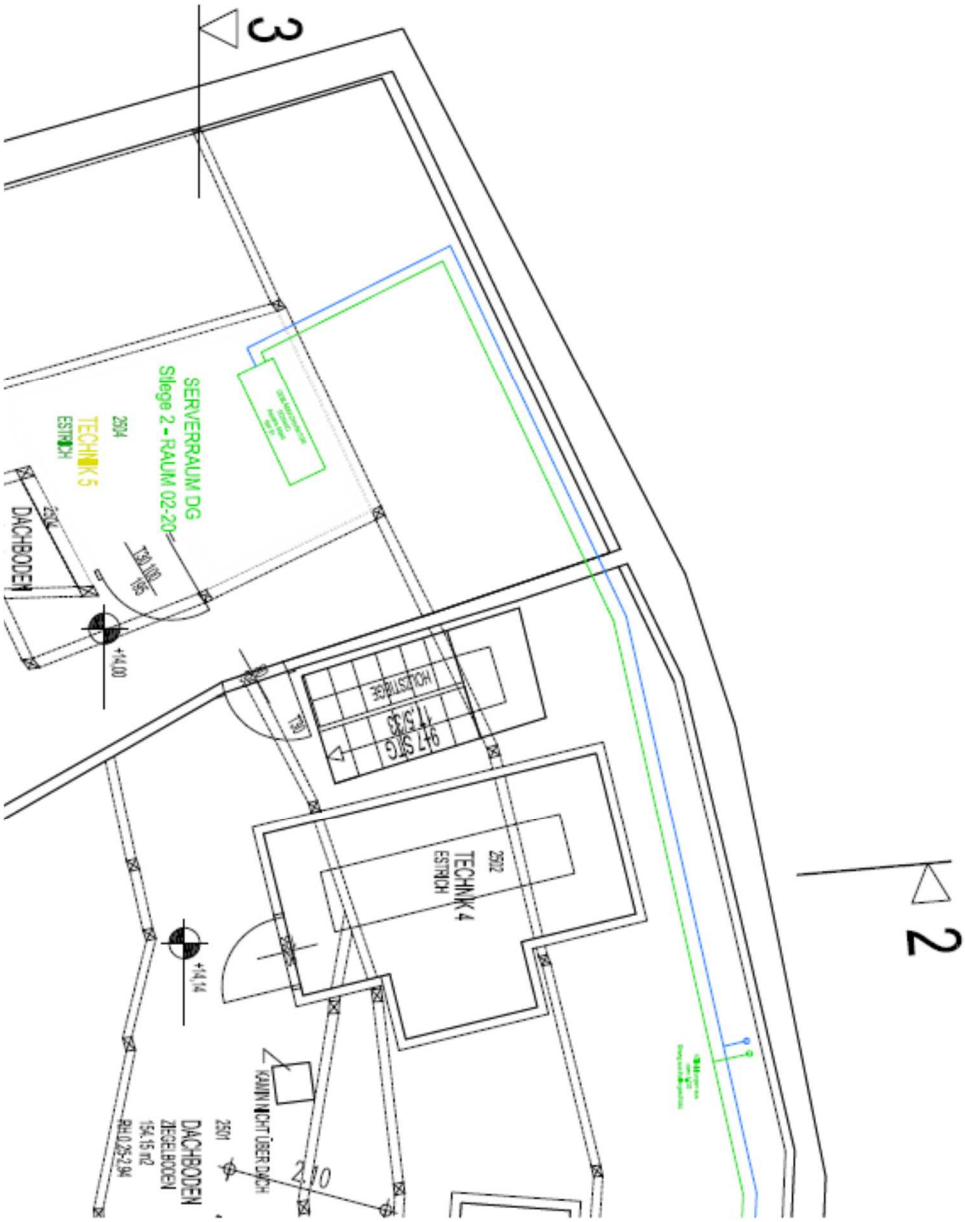


Bild 9-43 Grundrissausschnitt Dachgeschoss Serverraum 02-20

In Bild 9-43 dargestellt ist etwas vergrößert der Serverraum 02-20. Ersichtlich auch nochmals der Punkt an dem die Versorgungsleitungen in das Dachgeschoss kommen sollen. Die Positionierung des Fancoils ist ebenfalls auf der Vergrößerung besser vorstellbar. Brandabschnitte werden lt. diesem Plan bei der Decke über dem 3. Obergeschoß, den Durchführungen der Brandmauer neben dem Stiegenaufgang und der Wand in den Serverraum selbst durchdrungen.

Bild 9-44 Grundrissausschnitt Dachgeschoss Serverraum 02-20

In Bild 9-44 dargestellt ist etwas vergrößert der Serverraum 01-10. Die Positionierung des Fancoils ist ebenfalls auf der Vergrößerung besser vorstellbar. Brandabschnitte werden lt. diesem Plan den Durchführungen der Brandmauer und der Wand in den Serverraum selbst durchdrungen.

10 Kostenschätzung der neuen Kälte-Anlage

Die angenommenen Preise wurden aus bereits durchgeführten Ausschreibungsverfahren für andere Bauprojekte ermittelt. Da nicht jedes Jahr solche Projekte im Auftrag des Landes Salzburg vergeben werden, war es notwendig ältere Projekte heranzuziehen. Diese wurde lt. dem offiziellen Baukostenindexsteigerungen entsprechend angepasst. Die Genauigkeit der Kostenschätzung beträgt wie in ÖNORM B1801 gefordert +- 20%.

Für die Kostenschätzung werden die Leistungsgruppen nach Standard Leistungsbuch angeführt. Für jede Leistungsgruppe wird eine eigene Schätzsumme angegeben.

Die Leistungsgruppen werden gemäß der aktuellen Ausgabe LB-HT des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft angegeben.

Folgende Leistungsgruppen fließen in die Kostenschätzung ein:

- LG 01 Baustellenkosten – Einrichtung
- LG 50 Lüftungsgeräte, Ventilatoren
- LG 67 Kälteanlagen
- LG 82 Wärme und Kältedämmung
- LG 83 Feuerschutz und Schalldämmung
- LG 86 MSRL-Gebäudemanagement (Leitebene)
- LG 90 Regieleistungen, Planung HKLS
- LG 93 Abnahmeprüfungen

Grob zusammengefasst sind in den Leistungsgruppen die entsprechenden Leistungen enthalten, eine ganz genaue Erfassung alleine mit Positionen aus dem Standard Leistungsbuch ist praktisch unmöglich, da sich viele Produkte nicht genau einordnen lassen. Für diesen Fall werden Z-Positionen geschaffen und die entsprechenden Leistungen erfasst.

Die Leistungsgruppe 67 Kälteanlagen ist nicht sehr tief spezifiziert, deshalb müssten für eine Ausschreibung für die Gruppe mehrere Untergruppen erschaffen werden. Hier in dieser Arbeit sollen für die LG 67 folgende Unterteilungen geschaffen werden:

- LG 6701 Kälteaggregate
- LG 6702 Kompaktpositionen Hydraulikmodule für Kälteanlagen
- LG 6704 Hydraulikarmaturen und Filter für Kälteanlagen
- LG 6710 Leitungen für Kälteanlagen

Kostenschätzung nach ÖNORM B1801

Genauigkeit +- 20%

Leistungsgruppe				Schätzkosten	
Nummer			Name		
OG	UG	Pos			
LG 01			Baustellenkosten – Einrichtung	250	€
LG 50			Lüftungsgeräte, Ventilatoren	3800	€
LG 67			Kälteanlagen		€
LG 67	01		Kälteaggregate	7200	€
LG 67	02		Kompaktpositionen Hydraulikmodule für Kälteanlagen	3400	€
LG 67	04		Hydraulikarmaturen und Filter für Kälteanlagen	3800	€
LG 67	10		Leitungen für Kälteanlagen	1200	€
LG 82			Wärme und Kältedämmung	900	€
LG 83			Feuerschutz und Schalldämmung	700	€
LG 86			MSRL-Gebäudemanagement (Leitebene)	650	€
LG 90			Regieleistungen, Planung HKLS	600	€
LG 93			Abnahmeprüfungen	400	€
Gesamtschätzkosten				**22900**	**€**

Tabelle 10-01 Schätzkostenaufstellung

Zusätzlich zu den Kosten für die Errichtung der alternativen Anlage müssen noch die baulichen Adaptierungen die notwendig werden und die Demontage und Entsorgung des bestehenden Systems angegebenen werden. Für die baulichen Adaptierungen liegen Werte vor, wie sie für die Heizungssanierung im Jahr 2011 angefallen sind. Die Eingriffe in das Bauwerk sind bei diesem Projekt sehr ähnlich und werden direkt baukostenindexbereinigt angegeben und betragen 4.800 Euro.

Die Kosten für die Demontage und Entsorgung der bestehenden Anlage werden auf null geschätzt, da sich die Kältesplit-Geräte wiederverwerten lassen und sich so die Demontage und der Wiederverkaufswert aufheben.

Die Gesamtbaukosten betragen somit 27.700 Euro (geschätzt +- 20%)

11 Amortisationsrechnung

11.1 Wartungs- und Energiekosten des bestehenden Systems

Für die Amortisationsrechnung werden für die Betriebs- und Wartungskosten Werte verwendet die von der Liegenschaftsverwaltung zur Verfügung gestellt wurden.

Der in Punkt 4 ermittelte elektrische Energieverbrauch der Kälteeinheiten beträgt 6.955,18 kWh und wird somit jährlich auf 7.000 kWh festgelegt. Daten über mehrere Jahre liegen leider nicht vor. Gemäß der von der Verwaltung zur Verfügung gestellten Rechnung des Energieversorgers kostet eine kWh elektrische Energie 0,1602 Euro. In diesen Preis eingerechnet sind alle Abgaben inkl. Messleistungen, Abgaben und Steuern. Somit kommen die Energiekosten pro Jahr auf 1.121,40 Euro.

Die Wartungskosten liegen lt. Wartungsvertrag für jedes Gerät bei 167 Euro. Darin sind aber noch keine Reparaturen berücksichtigt. Im Mittel über die letzten 3 Jahre betragen die gesamtwartungskosten pro Gerät (also mit den durchgeführten Reparaturen) 224,31 Euro.

Somit liegen die gesamten Betriebskosten der betrachteten Geräte bei 1.794,33 Euro pro Jahr. Nicht berücksichtigt ist dabei die Arbeitszeit zur Administration. Dieser Anteil soll in dieser Arbeit auch nicht weiter erwähnt werden.

11.2 Geschätzte Wartungs- und Energiekosten des alternativen Systems.

Für die Schätzung der Energiekosten wird angenommen, dass von der gesamten abgeführten Wärmemenge mit dem alternativen Systems 85% im Freecooling-Betrieb abgeführt werden können. Für die aktive Kühlung mit der Energiestation wird eine Leistungszahl von 4 angenommen, diese liegt also bedeutend höher als mit den Splitkältegeräten da diese ja genau in der Jahreszeit wo es am heißesten ist den geringsten Wirkungsgrad haben. Die gesamte pro Jahr abgeführte Wärmemenge wurde in Kapitel 5 mit 17.720,11 kWh berechnet. Nach der oben angeführten Schätzung bleiben außerhalb des Freecooling-Betriebes also nur noch 2.658,02 kWh für die aktive Kühlung. Mit der angenommenen Leistungszahl von 4 ergibt sich also ein jährlicher elektrischer Energieverbrauch für den Kompressor von 664,50 kWh. Zusätzlich muss natürlich die elektrische Energie für die Umwälzpumpen geschätzt werden. Dieser wird hier mit 400 kWh pro Jahr angenommen. Der gesamte elektrische Energieverbrauch der alternativen Anlage beträgt also pro Jahr 1064,50 kWh.

Für die Wartungskosten des alternativen Systems wird ein Wert von insgesamt 160 Euro pro Jahr angenommen. Hier kann ein verminderter Wert angenommen werden, da die Kältemittelgeführten Teile der Splitkälteeinheiten wegfallen und nur noch ein Kompressor übrig bleibt.

Auch zeigt die Erfahrung, dass Fancoils leichter zu warten sind als die Inneneinheiten der Splitkälteeinheiten.

Die gesamten Betriebskosten des alternativen Systems werden somit auf 330,53 Euro geschätzt.

11.3 Kosteneinsparung pro Jahr und Amortisation

Die in Punkt 11.1 und 11.2 ermittelten Betriebskosten können nun subtrahiert werden. Somit beträgt die Kosteneinsparung pro Jahr 1463,80 Euro.

Für die Amortisationsrechnung werden folgende Themen nicht berücksichtigt:

- Abschreibungsmöglichkeit der neuen Anlage
- Gewinnsteigerung

Diese Werte sind meiner Meinung nach nur für Unternehmen von Bedeutung. Das Land Salzburg als Gebietskörperschaft ist in dieser Beziehung aber nicht mit einem gewinnorientiertem Unternehmen gleich zu setzen.

Zusätzlich wird hier angenommen, dass sich die Verzinsung des eingesetzten Kapitals gleich verhält wie die Steigerung der Betriebskosten. Die Amortisationszeit wird also rein über das eingesetzte Kapital und die eingesparten Betriebskosten ermittelt.

Wie in Kapitel 10 beschrieben betragen die Gesamtinvestitionskosten für das alternative Kältesystem 27.700 Euro.

Die Amortisationszeit beträgt somit 18,9 Jahre.

12 Fazit

Die 19 Jahre, welche die Amortisationsrechnung ergeben sind leider alles andere als ideal. Es scheint, dass die bestehende Anlage effizienter läuft als bei der ersten Einschätzung vermutet wurde. Jedenfalls scheint es so sehr unwahrscheinlich, dass das alternative System errichtet werden kann.

Den Gebäude- und somit Budgetverantwortlichen wird die Arbeit trotzdem zur Verfügung gestellt. Falls sich Veränderungen in den bestehenden Anlagen ergeben, wie z.B. dass ein oder mehrere Kältesplit-Geräte erneuert werden müssen können diese Informationen in diese Arbeit einfließen und es wird sich eventuell eine wesentlich bessere Amortisationszeit ergeben. Möglich ist ebenfalls, dass es sich ergibt, dass das Nichtziel der Konditionierung von Büro- und Besprechungsräumen aus politischer Sicht gewünscht wird. Da momentan auch die Projektentwicklung in die Richtung arbeitet, dass der Landtagssitzungssaal und das Ausschusssitzungszimmer generalsaniert werden sollen, ist diese Variante nicht unwahrscheinlich. Möglich wäre eine Ausführung auch noch wenn sich ebenfalls aus politischer Sicht die Umweltverträglichere Lösung gewünscht wird. Auch diese Möglichkeit kann nicht ganz weggelassen werden, da seit der aktuellen Regierungsperiode auch die Salzburger Grünen in der Regierung vertreten sind und auch die Landeshauptmannstellvertreterin stellen.

Aus meiner persönlichen Sicht, muss eingestanden werden, dass die Einschätzung, dass die Kältesplit-Geräte so ineffizient arbeiten leider völlig falsch war. Ich hätte erwartet, dass wesentlich mehr elektrische Energie verbraucht wird.

13 Bild- Tabellen und Quellenverzeichnis

13.1 Abbildungsverzeichnis

13.2 Quellennachweise

(1) www.amprobe.com
(2) www.fujitsu.com
(3) www.siemens.com
(4) G. Klampfer Elektroanlagen GmbH
(5) www.almkanal.at/
(6) KASAG LANGNAU AG
(7) waltermeier.com/
(8) www.schako.de

13.3 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Salzburg, den 5. Juni 2014